



TUGAS AKHIR TF 141581

***PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL
MENGUNAKAN FUZZY LOGIC PADA UNIT
DEAERATOR 101U DI PABRIK AMMONIA PT.
PETROKIMIA GRESIK***

PAMELA AYU PERTIWI
NRP 2413 105 025

Dosen Pembimbing :
Ir. Ya'umar,MT

Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya 2015



FINAL PROJECT TF 141581

***DESIGN OF LEVEL CONTROL SYSTEM USING
FUZZY LOGIC CONTROL AT DEAERATOR IN
AMMONIA PLANT UNIT 1
PT. PETROKIMIA GRESIK***

PAMELA AYU PERTIWI
NRP 2413.105.025

Supervisor :
Ir. Ya'umar, MT

Study Program S1 Physics Engineering
Faculty of Technology Industry
Institute Technology of Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN


PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL* MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC* PADA UNIT DEAERATOR 101U DI PABRIK AMMONIA PT. PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Oleh :
Pamela Ayu Pertiwi
NRP : 2413 105 025

Surabaya, 19 Juli 2015
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I,


Ir. Yaumar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003


Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS
Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL*
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC* PADA UNIT
DEAERATOR 101U DI PABRIK AMMONIA
PT. PETROKIMIA GRESIK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

PAMELA AYU PERTIWI

NRP. 2413 105 025

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Ir. Yaumar, MT |(Pembimbing) |
| 2. Ir. Ronny Dwi N, M.kes |(Ketua Penguji) |
| 3. Dr. Ir Totok Soehartanto DEA |(Penguji I) |
| 4. Andi Rahmadiansah, ST. MT |(Penguji II) |

SURABAYA

Juli, 2015

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL*
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC* PADA UNIT
DEAERATOR 101U DI PABRIK AMMONIA
PT. PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : Pamela Ayu Pertiwi
NRP : 2413 105 025
Pembimbing : Ir. Ya'umar, MT

Abstrak

Produksi pupuk pada PT Petrokimia ini memerlukan *steam* yang dihasilkan oleh *steam drum* sebagai komponen pendukung proses produksi. Bahan baku utama produksi *steam* pada *steam drum* adalah air. Air umpan *steam drum* harus tidak mengandung O_2 sehingga dihilangkan terlebih dahulu pada sistem *Deaerator*. Pada penelitian tugas akhir ini, akan dirancang kontrol level pada *deaerator* menggunakan *fuzzy logic control*. Berdasarkan hasil pengujian sistem didapatkan bahwa menggunakan kontroler *fuzzy* menunjukan respon menuju *set point* dan menjaga tetap stabil Pada pengujian *tracking set point* naik dan turun, sistem dapat bergerak menuju *set point*. Pengendali PI pada *plant deaerator 101 U* masih konvensional sehingga dapat diatasi dengan kontrol modern logika fuzzy yang memiliki parameter kestabilan lebih baik yaitu *maximum overshoot (MP)* sebesar 0.83 % , *settling time* 71 detik ,*error steady state (ess)* sebesar 1.2% sedangkan PI kontrol *maximum overshoot (MP)* sebesar 16 % , *settling time* 384 detik *error steady state (ess)* sebesar 0.04%

Kata kunci; *Fuzzy logic control, level, settling time, error steady state, maximum overshoot*

**DESIGN OF LEVEL CONTROL SYSTEM USING FUZZY
LOGIC CONTROL AT DEAERATOR IN AMMONIA PLANT
UNIT 1 PT. PETROKIMIA GRESIK**

Student Name : Pamela Ayu Pertiwi
NRP : 2413 105 025
Supervisor : Ir. Yaumar, MT

Abstract

Fertilizer production at PT Petrokima requires steam by the steam drum as a supporting component of the production process. The main raw material production of steam in the steam drum is water. Feedwater steam drum should not be contain O₂ so it will removed on Deaerator system. In this research, will be designed in the deaerator level control using fuzzy logic control. Based on test results showed that the test system using fuzzy controller shows the system's response towards the set point and keep steady , In the tracking set point test, the system can move towards the set point. In the comparison of fuzzy and PI response system, fuzzy controller respon's is better than the PI controller with performance parameter's , settling time 71 seconds ,error steady state (ess)of 1.2% and maximum overshoot (MP) of 0.83 % Therefore PI control with performance parameter's maximum overshoot (MP) of 16 % , settling time 384 seconds error steady state (ess) of 0.04%

Key words: Fuzzy Logic Control, Level, settling time, error steady state, maximum overshoot

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL* PADA UNIT DEAERATOR 101U MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROL* DI PABRIK AMMONIA PT. PETROKIMIA GRESIK

Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku ketua Jurusan Teknik Fisika
2. Bapak dan Ibu tercinta atas dukungan moral dan spiritual yang diberikan selama ini.
3. Bapak Ir. Yaumar MT selaku pembimbing, terima kasih atas bimbingan dan motivasi tanpa henti dalam pengerjaan tugas akhir ini .
4. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D selaku dosen pembimbing tidak tertulis, yang selalu memberikan ilmu, semangat dan motivasi selama pengerjaan tugas akhir.
5. Ibu Ir. Ronny Dwi Noriyati M.Kes selaku Dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan perhatiannya selama penulis menjadi mahasiswa Lintas Jalur-Teknik Fisika FTI-ITS.
6. Ibu Ir. Ronny Dwi Noriyati M.Kes, Bapak Ir. Totok Soehartanto, DEA dan Bapak Andi Rahmadiansyah selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran selama progress berlangsung sehingga penulis dapat melanjutkan Tugas Akhir sampai tahap terakhir.
7. Kawan seperjuangan Ventri Galuhdikara yang senantiasa saling bekerja sama sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

8. Seluruh mahasiswa LJ-TF 2013 angkatan ganjil maupun genap yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan doa dalam pengerjaan tugas akhir ini dari awal sampai akhir.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan yang diberikan sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>Deaerator</i>	5
2.1.1 <i>Deaerator type tray</i>	7
2.1.2 <i>Deaerator type spray</i>	7
2.2 <i>Pemodelan Plant</i>	7
2.2.1 <i>Pemodelan Deaerator 101 U</i>	7
2.3 <i>Sistem Pengendalian Otomatis</i>	10
2.3.1 <i>Pemodelan sensor</i>	11
2.3.2 <i>Pemodelan actuator</i>	12
2.4 <i>Kontrol Logika Fuzzy</i>	12
2.2.1 <i>Fuzzifikasi</i>	16
2.2.2 <i>Basis Pengetahuan</i>	16
2.2.3 <i>Logika Pengambil Keputusan</i>	16
2.3.4 <i>Defuzzifikasi</i>	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Pemodelan <i>Plant Deaerator</i>	22
3.2 Pemodelan Transmitter.....	25
3.3 Pemodelan <i>Control Valve</i>	26
3.5 Pemodelan Logika Fuzzy	28
3.5.1 Perancangan <i>Input</i>	29
3.4.3 Perancangan <i>Rule Base</i>	31
3.5.2 Perancangan <i>Output</i>	32
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Simulasi <i>Open Loop</i>	35
4.2 Simulasi Fuzzy <i>Logic Control</i> Pada <i>Deaerator 101 U...</i>	36
4.3 Uji <i>Tracking Set Point Fuzzy</i>	38
4.4 Simulasi PI kontrol	39
4.5 Simulasi <i>tracking set point</i> PI kontrol	41
4.6 Uji Perbandingan PI kontrol dan Fuzzy Kontrol	42
BAB V KESIMPULAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Perancangan <i>Rule Base</i>	15
Tabe	3.1	Perancangan <i>Rule Base</i>	21
Tabel	3.2	Parameter <i>Input Error</i>	30
Tabel	3.3	Parameter <i>Input Delta error</i>	30
Tabel	3.4	Parameter <i>defuzifikasi</i>	33
Tabel	4.1	Parameter Performansi Uji Fuzzy	37
Tabel	4.2	Parameter Performansi Uji PI control	40
Tabel	4.3	Parameter Perbandingan tracking set pointFuzzy dan PI control	42
Tabel	4.4	Parameter Perbandingan Fuzzy dan PI control	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	<i>Deaerator</i>	5
Gambar	2.2	DCS <i>Deaerator</i>	6
Gambar	2.3	PFD <i>Deaerator</i> 101U	8
Gambar	2.4	Pendekatan Model Tangki Horizontal	9
Gambar	2.5	Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis	11
Gambar	2.6	Diagram Blok <i>Fuzzy Logic Control</i>	12
Gambar	2.7	Skema <i>Fuzzy Logic Control</i>	13
Gambar	2.8	Fungsi keanggotaan segitiga	14
Gambar	2.9	Fungsi keanggotaan trapezium	14
Gambar	2.10	Fungsi keanggotaan <i>gauss</i>	15
Gambar	3.1	Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	19
Gambar	3.2	<i>Wiring Diagram Deaerator</i> 101U	22
Gambar	3.3	Simulasi <i>Plant</i>	25
Gambar	3.4	Perancangan Kontrol Logika Fuzzy	28
Gambar	3.5	<i>Membership Function Input Error</i>	30
Gambar	3.6	<i>Membership Function Input delta Error</i>	31
Gambar	3.9	Perancangan <i>Rule Base</i>	32
Gambar	3.10	<i>Membership Function Output</i>	33
Gambar	4.1	Simulasi <i>Open Loop</i>	36
Gambar	4.2	Simulasi <i>Fuzzy</i> pada <i>Deaerator</i> 101U	37
Gambar	4.3	Simulasi <i>Tracking set point fuzzy</i> 1.8 m, 2m dan 1.6m	39
Gambar	4.4	Simulasi simulasi PI control	40
Gambar	4.5	Simulasi <i>tracking set point</i> PI kontrol 1.8 m, 2m dan 1.6m	41
Gambar	4.6	Uji Perbandingan Fuzzy dengan PI kontrol	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pupuk merupakan komponen penting bagi tumbuhan dan keberlangsungan hidup manusia. Industri pupuk pertama yang didirikan di Indonesia adalah PT. Petrokimia yang berlokasi di Gresik Jawa Timur. PT Petrokimia memproduksi beberapa jenis pupuk salah satunya yaitu urea. Produksi pupuk ini memerlukan *steam* yang dihasilkan oleh *steam drum* sebagai komponen pendukung proses produksi. Bahan baku utama produksi *steam* pada *steam drum* adalah air. Air umpan *steam drum* harus tidak mengandung O_2 sehingga dihilangkan terlebih dahulu kadar O_2 . Hal ini dikarenakan agar *steam drum* terhindar dari korosi. Proses penghilangan gas O_2 ini berada pada sistem *Deaerator*^[1].

Deaerator adalah alat yang digunakan untuk menghilangkan kandungan oksigen dan gas – gas dalam *water* pada *feedwater* system sebelum masuk ke *steam drum*^[2]. Air umpan yang masuk ke *steam drum* perlu dihilangkan oksigen dan gas lainnya karena dalam terjadinya korosi pada *steam drum*. Oksigen dapat membentuk senyawa kimia yang dapat menyebabkan korosi pada dinding *steam drum*.^[3]

Pada *deaerator*, *level* merupakan variabel yang penting untuk dikendalikan agar dapat menjaga kestabilan proses sesuai dengan *set point* yang dikehendaki. Jika *level* air terlalu tinggi akan menyebabkan pemisahan oksigen kurang sempurna. Hal ini membuat air masih banyak mengandung oksigen yang dapat menyebabkan korosi bagi *steam drum*. Selain itu, jika *level* air terlalu rendah dapat merusak komponen lain seperti pompa dan menghambat proses suplai air ke *steam drum*^[1].

Perusahaan Petrokimia Gresik, telah melakukan beberapa upaya dalam mengatasi permasalahan *level* yang ada di *deaerator* 101 U. Upaya tersebut salah satunya adalah melakukan tuning parameter PI terbaik agar mereduksi kesalahan-kesalahan dari parameter tuning sebelumnya^[1]. Selain itu mengganti komponen-komponen pengendalian yang ada di *plant deaerator* 101 U yang

kurang memenuhi untuk mencapai kestabilan sistem pada *deaerator*.

Pada penelitian ini Saya melakukan penerapan metoda kontrol untuk mengoptimalkan kinerja sistem pada *deaerator*. Salah satu metode kontrol yang dapat diterapkan adalah menggunakan logika fuzzy. Perancangan system kontrol yang berbeda diharapkan akan mampu memberikan kinerja lebih untuk pada *plant deaerator* 101 U.

1.2 Rumusan Permasalahan

Dari latar belakang diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengatasi permasalahan pengendalian level pada *Plant Deaerator 101U* yang masih kurang responsif?
2. Mengapa Pengendali PI belum mampu mengatasi permasalahan pada *Plant Deaerator 101U* ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah memperoleh sebuah sistem logika fuzzy untuk mendapatkan respon yang lebih baik dari sistem sebelumnya agar tercapainya kestabilan *level* pada *Deaerator 101U*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Obyek penelitian adalah sistem kontrol pada unit *deaerator* 101U di pabrik Amonnia PT. Petrokimia Gresik
2. Variabel yang dikontrol adalah *level* pada *inlet* yaitu *flow feed water* dan *steam* dan *outlet* berupa liquid pada unit *deaerator* 101U di pabrik Amonnia PT. Petrokimia Gresik
3. Perancangan sistem pengendalian *level* ini dilakukan secara simulasi dengan *software* matlab-simulink menggunakan logika *fuzzy*.
4. Pendekatan model tangki adalah tabung dengan bentuk tangki horizontal dilihat dari samping

5. Pemodelan matematis tidak dipengaruhi oleh perubahan temperature dan pressure pada *plant*
6. Data-data dalam perancangan sistem kontrol didapatkan dari *control room* dalam kondisi operasi normal.

1.5 Sistematika laporan

Adapun sistematika laporan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, dan sistematika laporan.

BAB II TEORI PENUNJANG

Berisi tentang teori-teori penunjang yang terkait dengan dalam Tugas Akhir yaitu proses *basic process control level system* pada deaerator dan metode kontrol logika Fuzzy.

BAB III METODOLOGI

Berisi tentang metode yang digunakan dalam Pemodelan *level* pada deaerator beserta setiap komponen *plant* deaerator seperti *transmitter* dan *control valve* dan perancangan sistem pengendalian metode kontrol logika Fuzzy

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang pengujian performansi untuk sistem secara keseluruhan. dan membandingkan dengan validasi yang ada

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang hasil penelitian dan kesimpulan terhadap evaluasi yang dilakukan

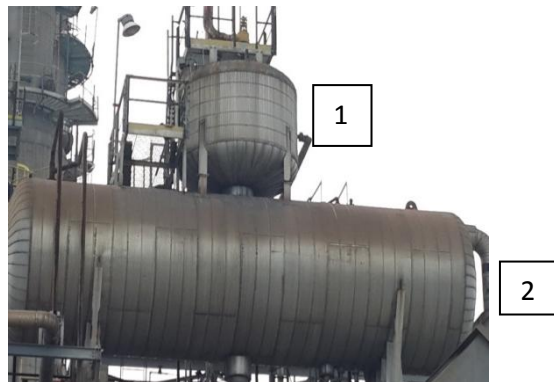
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 *Deaerator*

PT Petrokimia Gresik adalah salah satu industri penghasil pupuk terbesar di Indonesia. Produksi pupuk menggunakan *steam* sebagai komponen pendukung dalam proses pembuatan pupuk. Air yang berasal dari sungai bengawan dan sungai berantas diolah menjadi *soft water*. Air inilah yang digunakan sebagai umpan masuk *steam drum* namun terlebih dahulu masuk ke *deaerator*^[1]. *Deaerator* adalah alat yang digunakan untuk menghilangkan kandungan oksigen dan gas – gas dalam *water* pada *feedwater* system sebelum masuk ke *steam drum*^[2]. Air umpan yang masuk ke *steam drum* perlu dihilangkan oksigen dan gas lainnya karena dalam terjadinya korosi pada *steam drum*. Oksigen dapat membentuk senyawa kimia yang dapat menyebabkan korosi pada dinding *steam drum*.^[3] Selain oksigen, terdapat pula gas karbon dioksida yang bila bereaksi dengan air dapat menyebabkan korosi lebih lanjut. Hal inilah yang dapat merusak *steam drum* sehingga akan mengganggu dalam proses pembuatan pupuk^[1].



Gambar 2.1 *Deaerator*^[1]

Deaerator memiliki 2 type yaitu *Deaerator type tray* dan *Deaerator type spray*.

2.1.1 *Deaerator type tray*

Deaerator type tray terbagi menjadi 2 bagian. *Deaerator* tipe ini memiliki prinsip kerja yaitu air yang masuk ke *deaerator* melalui *tray* dan uap masuk ke bagian bawah *deaerator*. Uap digunakan untuk memanaskan air agar gas-gas yang terkandung dalam air dapat dihilangkan. Gas-gas yang tidak terlarut dalam air akan dibuang dibagian atas melalui vent *deaerator*. Selanjutnya air yang tidak mengandung gas-gas tersebut menuju ke bawah dan siap diumpankan ke *steam drum*.^[2]

2.1.2 *Deaerator type spray*

Deaerator type spray hanya terdiri dari tangki horizontal sebagai tempat deaerasi dan tempat penyimpanan air. Pada *Deaerator* tipe ini memiliki prinsip kerja yaitu air masuk disemprotkan pada bagian atas *deaerator* dan *steam* disemprotkan pada bagian bawah. *Steam* berfungsi untuk memanaskan air untuk menghilangkan kandungan oksigen. Kemudian *steam* dan oksigen ke atas keluar melalui *vent*. Air yang tidak mengandung oksigen tersebut akan menuju ke boiler.^[2]

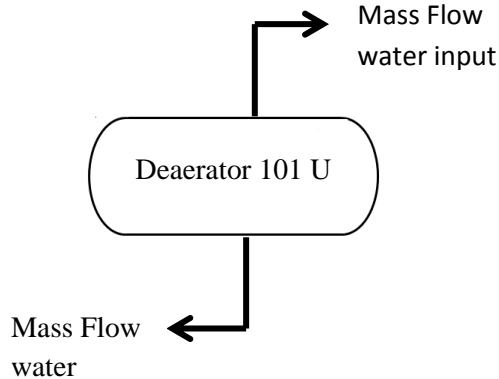
2.2 Pemodelan Plant

Pemodelan matematika ini dibuat berdasarkan proses *input* dan *output* dari *plant deaerator 101U* dan spesifikasi dimensi pada *deaerator*. Pemodelan sistem ini digunakan sebagai pendekatan *real plant deaerator 101U* untuk kebutuhan simulasi agar dapat mengetahui respon *plant*.

2.2.1 Pemodelan *Deaerator 101 U*

Pemodelan matematis *plant* menggunakan hukum kesetimbangan massa dikarenakan tidak adanya perpindahan panas dan perubahan temperatur dalam *plant deaerator*.

Berikut adalah *process flow diagram* pada *plant deaerator 101 U* sebagai berikut:



Gambar 2.3 PFD *Deaerator 101U*

Berdasarkan gambar P&ID di atas maka dapat dimodelkan matematis sebagai berikut :

Hukum Kesetimbangan Massa

Massa terakumulasi *deaerator 101U* = *Massa input* – *Massa output*

Sesuai dengan persamaan massa jenis $m = \rho x V$ maka persamaan 3.1 menjadi

$$\rho \frac{dV_D}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v$$

$$\rho A \frac{dh}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\frac{dV_D}{dt}$ = Perubahan Volume dalam deaerator

ρ = Massa jenis liquid dalam kg/m^3

\dot{m}_w = laju massa *water* input

\dot{m}_v = laju massa *water* output

Pendekatan model tangki adalah tabung dengan bentuk tangki horizontal seperti gambar 2.4. Perhitungan luasan parsial tabungan dapat dimodelkan dengan persamaan matematis sebagai berikut :

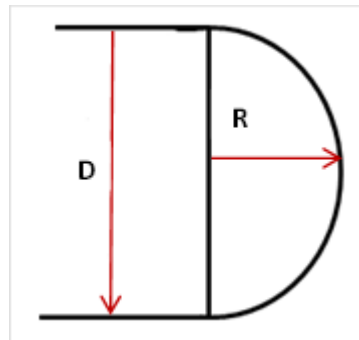
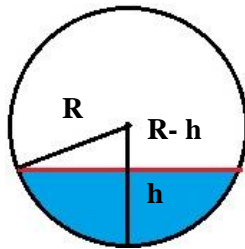
$$A = 2 \left(\pi h \frac{D_i}{2} \right) + 2 \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \quad (2.2)$$

Dimana :

h = ketinggian *deaerator* (m)

D = Diameter *deaerator* (m)

L = panjang *deaerator* (m)



Gambar 2.4 Pendekatan Model Tabung Horizontal

Berdasarkan luasan parsial tabung horizontal sebagai fungsi perubahan ketinggian (h) maka persamaan dinamik perubahan level fluida dalam vessel dapat diperoleh dengan mensubstitusi persamaan 2.2 ke persamaan 2.1 menjadi persamaan 2.3 seperti berikut :

$$\rho A \frac{dh}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v$$

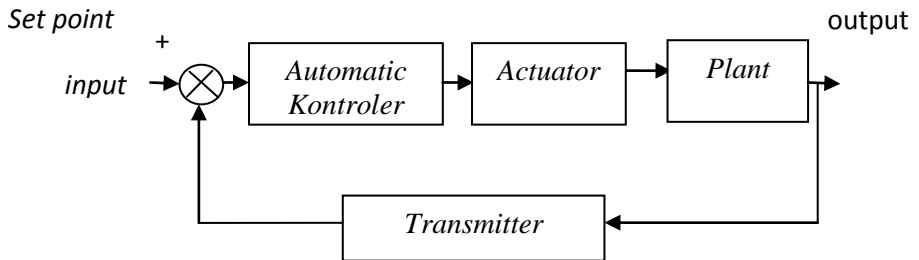
$$\rho \left(2 \left(\pi h \frac{D_i}{2} \right) + \left(2 \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \right) \right) \frac{dh}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\dot{m}_w - \dot{m}_v}{\rho \left(2 \left(\pi h \frac{D_i}{2} \right) + \left(2 \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \right) \right)} \quad (2.3)$$

2.3 Sistem Pengendalian Otomatis

Pada penelitian ini dilakukan pengendalian level air pada *deaerator* 101 U menggunakan kontrol otomatis logika fuzzy. Perancangan sistem kontrol otomatis berdasarkan masukan sistem yang berasal dari *make up water* dan output berupa air yang akan dialirkan ke *steam drum*. Pengendalian otomatis adalah kontrol yang didapatkan dari hasil nilai penyimpangan antara perbandingan nilai aktual dengan yang diinginkan (*set point*) dari suatu *plant* dan membuat sinyal kontrol untuk mereduksi atau menghilangkan hasil penyimpangan tersebut^[4]. Penggunaan kontrol otomatis memiliki kemampuan untuk mencapai kinerja yang optimal dari sistem yang dinamis dan dapat mengurangi kerepotan dalam banyaknya operasi yang manual yang ada pada *plant*^[4]. Dalam perancangan sistem kontrol harus memperhatikan beberapa parameter kestabilan yaitu kecepatan respon cepat dan memperkecil *error* serta *maximum overshoot* yang ada untuk mencapai kestabilan sistem.

Kontrol otomatis memiliki peranan yang vital dalam kemajuan teknologi dan industri. Salah satu contoh peranan penting kontrol otomatis dalam industri adalah kontrol otomatis dapat mengendalikan suhu, kelembapan, viskositas dan aliran dalam proses industri^[4]. Sistem Pengendalian otomatis memiliki beberapa komponen pendukung dan terhubung satu dengan yang lain. Beberapa komponen pendukung dari kontrol otomatis yaitu *actuator*, *plant* dan *transmitter*. Berikut diagram blok pengendalian dari sistem *pengendalian otomatis closed loop*



Gambar 2.5 Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis^[4].

Pada gambar 2.3 menjelaskan tentang diagram blok sistem pengendalian otomatis beserta komponen pendukungnya Secara sederhana penjelasan tentang diagram blok tersebut adalah kontroler mendeteksi sinyal penyimpangan dari perbandingan nilai aktual dengan yang diinginkan (*set point*)^[4]. Sinyal tersebut biasanya sangat lemah sehingga perlu dikuatkan oleh *amplifier* yang telah menjadi satu dengan komponen kontrol otomatis)^[4].

2.3.1 Pemodelan Sensor

Sensor merupakan komponen yang mengubah *variable* keluaran dari *plant* menjadi *variable* yang diinginkan seperti suhu, tekanan, perpindahan, listrik yang akan dibandingkan dengan sinyal referensi (*set point*)^[4]. Perbedaan sinyal inilah yang dikirimkan ke kontroler untuk mengatur bukaan kontrol valve agar keluaran dari *plant* sesuai yang diinginkan. Pemodelan sensor dapat dituliskan sebagai berikut :

$$L(s) = \frac{G_T}{T_c s + 1} \quad (2.2)$$

Keterangan :

G_T = Gain Transmitter

T_c = Time constant dari transmitter (detik)

2.3.2 Pemodelan *Actuator*

Actuator adalah komponen yang memberikan sinyal masukan ke *plant* berdasarkan sinyal keluaran dari kontroler agar sinyal umpan balik sesuai dengan nilai yang diinginkan (*set point*)^[4]. Pemodelan matematis *actuator* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$MV_{l/s}(s) = \frac{K_{total}}{T_{cv}s+1} \quad (2.3)$$

Dengan:

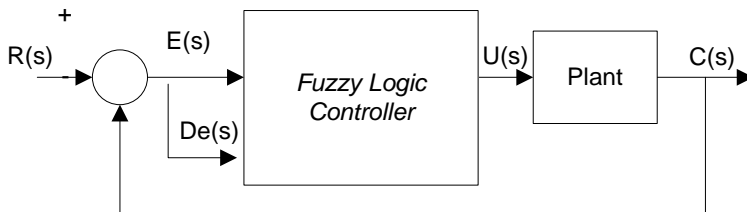
$MV_{l/s}$ = *Manipulated variable (L/s)*

K_{total} = *Gain total kontrol valve*

T_{cv} = *Time constant dari kontrol valve*

2.4 Kontrol Logika Fuzzy

Logika Fuzzy adalah sebuah metodologi yang mewakili, dan menerapkan pengetahuan manusia untuk mengendalikan sebuah sistem^[5]. Kontrol logika fuzzy banyak diterapkan di industri sebagai pengontrol proses karena mudah dan fleksibel dalam perancangannya^[6]. Logika fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Prof.Lotfi A. Zadeh, pada tahun 1960-an^[7]. Berikut diagram blok pengendalian tertutup sistem fuzzy adalah



Gambar 2.6 Diagram Blok *Fuzzy Logic Kontrol*^[8]

Pada gambar 2.5 merupakan diagram blok pengendalian logika fuzzy. Pada diagram blok diatas masukan berupa $E(\text{error})$ dan $De(\text{Delta error})$ pada logika Fuzzy. U adalah besaran yang merupakan masukan untuk *plant*. Besar nilai *error* didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai acuan (*set point*) dengan nilai keluaran *plant*.

$$E(k) = r(k) - c(k) \quad (2.6)^{[6]}$$

Keterangan:

- $E(k)$: besar nilai *error*
- $R(k)$: besar nilai acuan (*set point*)
- $c(k)$: besar nilai keluaran *plant*

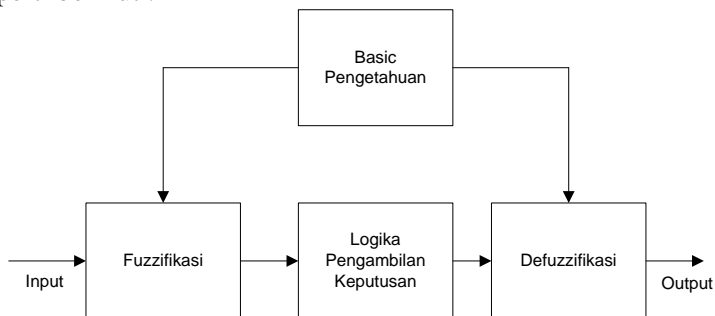
Besar nilai masukan *delta error* (dE) merupakan hasil dari pengurangan nilai *error* sekarang dan nilai *error* sebelumnya.

$$dE(k) = e(k) - e(k-1) \quad (2.7)^{[6]}$$

Keterangan:

- $dE(k)$: besar nilai *delta error*
- $e(k)$: besar nilai *error* sesudah
- $e(k-1)$: besar nilai *error* sebelum

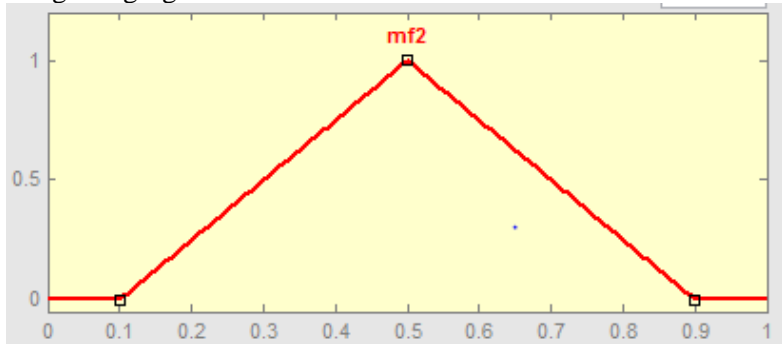
Pada dasarnya struktur logika fuzzy dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2.7 Skema *Fuzzy Logic Kontrol*^[8]

Pada kontrol logika *fuzzy* terdapat beberapa *membership function* untuk menyusun *fuzzifikasi* dan *defuzzifikasi*. Beberapa *membership function* tersebut adalah sebagai berikut :

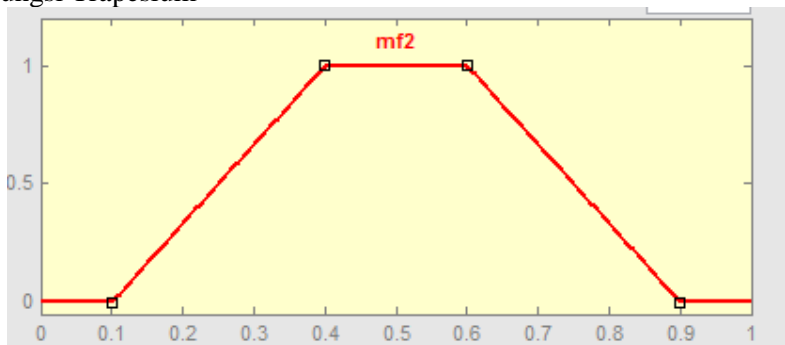
1. Fungsi Segitiga



Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan segitiga

Pada gambar 2.7 diatas adalah fungsi segitiga. Fungsi segitiga ini memiliki 3 parameter range yaitu (0.1;0.5;0.9). Pada fungsi ini terdapat 1 nilai yang berada di puncak atau bernilai 1 yaitu 0.5. Pada nilai 0.2 dan 0.9 bernilai 0. Ketiga parameter tersebut merupakan *range* dari tiap derajat keanggotaan *fuzzy* yang telah dibuat.

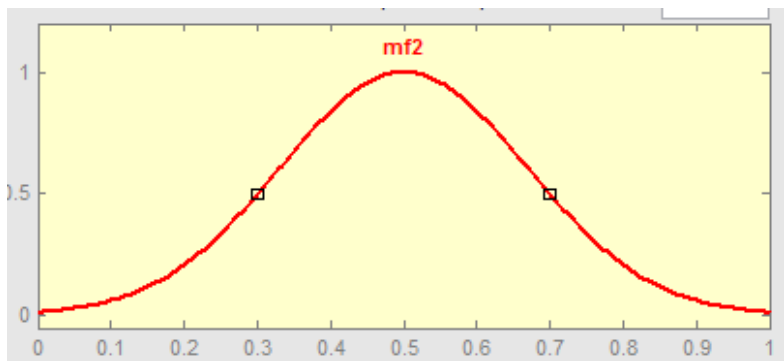
2. Fungsi Trapesium



Gambar 2.9 Fungsi keanggotaan trapesium

Pada gambar 2.8 diatas adalah fungsi trapesium. Perbedaan fungsi ini dengan fungsi segitiga adala fungsi ini memiliki 4 parameter range yaitu (0.1;0.4;0.6;0.9). Pada fungsi ini terdapat 2 nilai yang berada di puncak atau bernilai 1 yaitu 0.4;0.6. Pada nilai 0.1 dan 0.9 bernilai 0. Keempat parameter tersebut merupakan *range* dari tiap derajat keanggotaan *fuzzy* yang telah dibuat.

3. Fungsi Gauss



Gambar 2.10 Fungsi keanggotaan *gauss*

Pada gambar 2.9 diatas adalah fungsi *gauss*. Perbedaan fungsi ini dengan fungsi segitiga adala fungsi ini memiliki 2 parameter range yaitu (0.17;0.5). Pada fungsi ini terdapat 2 nilai yang berada di puncak atau bernilai 1 yaitu 0.5 Pada nilai 0.17 merupakan range ke kiri dan ke kanan . Keempat parameter tersebut merupakan *range* dari tiap derajat keanggotaan *fuzzy* yang telah dibuat.

Skema *Fuzzy Logic kontrol* terdiri dari 4 bagian yaitu fuzzifikasi, *basic pengetahuan* , logika pengambil keputusan , defuzzifikasi.^[6]

2.4.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah memetakan nilai *input* ke dalam *variable linguistik* yang merupakan derajat keanggotaan logika fuzzy.^[7] Pada perancangan *input* kontroler logika fuzzy terdapat 2 *input error* dan *delta error*. Penentuan *range membership function* untuk *input error* dan *delta error* berdasarkan hasil pembacaan *level transmitter*. Pada pemetaan atau *membership function* nilai *input* pada perancangan ini menggunakan 3 *membership function* dengan fungsi keanggotaan *gauss*. Pemilihan fungsi keanggotaan menggunakan fungsi *gauss* dengan metode *trial and error*. Penggunaan tipe *gauss* dikarenakan jika menggunakan tipe lain simulasi *plant* tidak berjalan atau *error*.

2.4.2 Basis Pengetahuan

Pada logika fuzzy basis pengetahuan terdiri dari 2 bagian yaitu basis data dan basis aturan. Basis data yaitu data-data dalam himpunan fuzzy yang terbagi atas himpunan masukan dan keluaran. Basis Aturan yaitu aturan yang digunakan dalam logika fuzzy untuk pengendalian proses.^[8] Pada penelitian ini basis data adalah data proses berupa *error* dan *delta error* berdasarkan hasil pembacaan *level transmitter* dan data proses dari *deaerator* 101U. Basis aturan adalah *membership function* dan *rule base* yang telah dibuat untuk pengendalian proses yang ada..

2.4.3 Logika Pengambilan Keputusan

Pada tahap ini merupakan tahap dalam pengambil keputusan sesuai dengan nilai dari *fuzzifikasi* dan *rule base* yang telah dibuat.^[6] Prinsip logika fuzzy menggunakan kombinasi aturan jika-maka (*if-then*) untuk memetakan *fuzzy input* ke dalam himpunan *fuzzy output*.^[6] Perancangan *rule base* pada kontroler menggunakan metode *trial and error* seperti pada table berikut :

Tabel 2.1 Perancangan *Rule Base*

No	<i>Error</i>	<i>Delta Error</i>	Pembacaan Transmitter
1	<i>zero</i>	<i>zero</i>	normal
2	tinggi	tinggi	tinggi
3	rendah	rendah	rendah
4	tinggi	<i>zero</i>	tinggi
5	rendah	<i>zero</i>	rendah

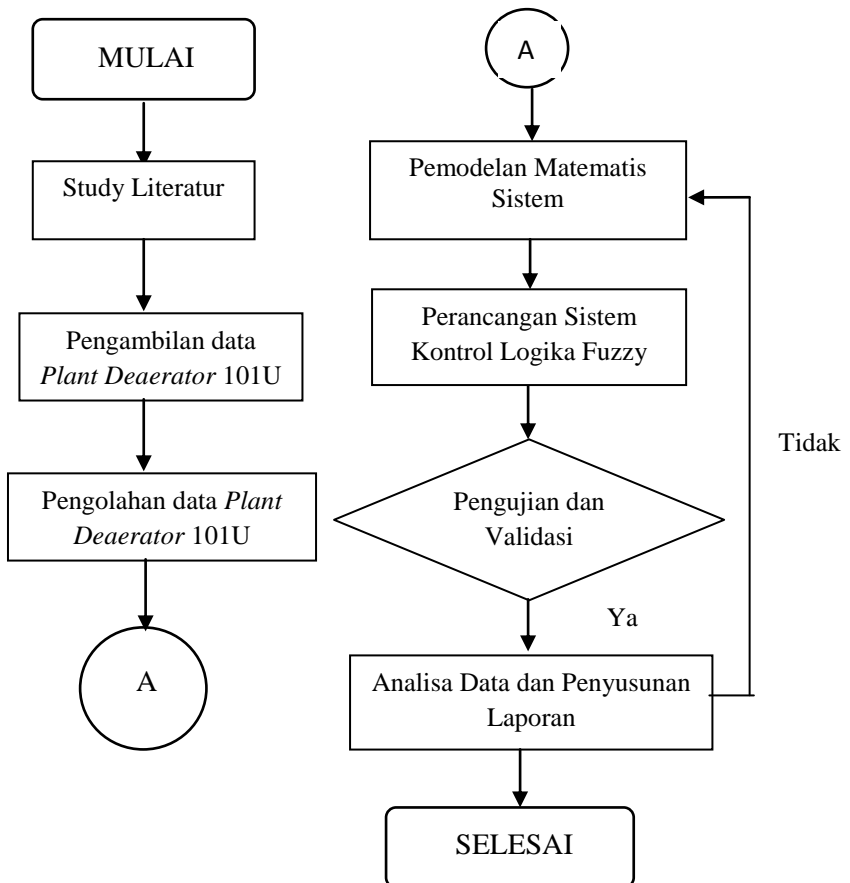
2.4.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari *fuzzifikasi* yang mentransformasikan himpunan fuzzy menjadi nilai yang sebenarnya berdasarkan aturan dan keputusan yang telah ditentukan^[6]. Nilai keluaran dari tahap ini merupakan nilai keluaran dari himpunan fuzzy. Perancangan *output* kontroler logika fuzzy berdasarkan keluaran arus dari kontroler yaitu 4-20 mA. Pada *membership function* menggunakan tipe segitiga dengan 3 *membership function*. Pemetaan *membership function* berdasarkan pembacaan *batas level* yang ada di *plant* yaitu tinggi, rendah, normal..Pemilihan fungsi keanggotaan menggunakan fungsi *gauss* dengan metode *tral and error*. Penggunaan tipe *gauss* dikarenakan jika menggunakan tipe lain simulasi *plant* tidak berjalan atau *error*. dikarenakan jika menggunakan tipe lain seperti *gauss* memiliki waktu yang cukup lama untuk mencapai *set point*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang diagram alir Tugas akhir. Diagram alir ini digunakan sebagai tata cara penyelesaian masalah dalam penelitian tugas akhir. Beberapa tahapan tersebut dapat dijelaskan pada *flowchart* penelitian Tugas Akhir di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Secara umum, tahapan yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan Data

Pengambilan Data dilakukan secara sekunder melalui operator PT Petrokimia Gresik. Data yang didapatkan berupa data hasil operasi dan DCS selama bulan Maret sampai Januari 2015.

2. Pengolahan Data

Berikut tahap-tahap dalam pengolahan data yang didapatkan pada *plant Deaerator 101U* sebagai berikut:

- a. Data diklasifikasikan dalam kondisi operasi normal
- b. Perancangan *fuzzifikasi* untuk *input error* dan *delta error* didapatkan dari hasil pembacaan *level transmitter*
- c. Perancangan *defuzzifikasi* didapatkan dari range hasil keluaran arus kontroler (4-20mA)
- d. Pembuatan *rule base* berdasarkan metode *trial and error*. Pada penelitian ini *rule base* digunakan sebagai aturan dasar dalam kontrol logika fuzzy.

3. Perancangan Sistem Kontrol dengan Logika Fuzzy

Pada penelitian ini digunakan kontroler berupa kontrol logika fuzzy untuk mengendalikan *level* pada *plant deaerator 101 U*. Berikut tahap-tahap dalam pembuatan perancangan kontrol logika fuzzy sebagai berikut :

a. Membuat fungsi keanggotaan

Perancangan *membership function* dari *input* dan *output* pada kontrol logika fuzzy. Pada penelitian ini menggunakan 3 *membership function* pada *input* dan *output*. Perancangan 3 *membership function* untuk kontrol logika fuzzy sesuai dengan batas level yang ada di *plant deaerator 101 U*

b. Pembuatan *rule base*

Perancangan *rule base* sebagai aturan dasar dalam kontrol logika fuzzy. Pada penelitian ini menggunakan 5 *rule base* untuk kontrol logika fuzzy.

Tabel 3.1 Perancangan *Rule Base*

No	<i>Error</i>	<i>Delta Error</i>	Pembacaan Transmitter
1	<i>zero</i>	<i>zero</i>	normal
2	tinggi	tinggi	tinggi
3	rendah	rendah	rendah
4	tinggi	<i>zero</i>	tinggi
5	rendah	<i>zero</i>	rendah

c. Pembuatan perancangan dengan *simulink* di Matlab

Perancangan simulasi sistem dengan Pemodelan matematis sistem kontrol *Plant Dearator* 101U dan kontrol logika fuzzy yang telah menggunakan *software* MatLab.

4. Validasi

Validasi logika Fuzzy pada perancangan sistem pengendalian level *plant deaerator 101 U* dikatakan berhasil bila hasil simulasi menggunakan logika fuzzy memiliki parameter kestabilan sistem seperti *error steady state* ($\pm 5\%$), *Maximum overshoot (Mp)* kecil dan *setling time (ts)* yang cukup cepat dibandingkan dengan kontrol PI yang ada di *real plant deaerator*. Apabila parameter kestabilan belum baik maka kembali melakukan pemodelan matematis sistem dan metode logika fuzzy hingga mendapat hasil dengan parameter kestabilan yang diinginkan.

5. Analisa Data

Analisa data tentang respon yang dihasilkan dari hasil simulasi sistem kontrol logika fuzzy untuk *plant deaerator*. Analisa respon dilakukan berdasarkan parameter kestabilan

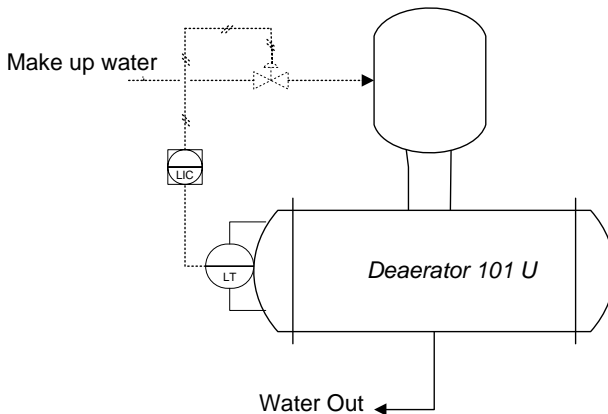
sistem yang ada yaitu *error steady state* ($\pm 5\%$), *Maximum overshoot* (M_p) kecil dan *setling time* (t_s).

6. Penyusunan Laporan

Penyusunan Laporan Tugas akhir dari semua tahapan proses yang telah dilakukan .

3.1 Pemodelan *Plant Deaerator*

Pemodelan matematika adalah model yang dibuat dengan konsep matematika seperti fungsi dan persamaannya.^[9] Pemodelan matematika ini dibuat berdasarkan proses *input* dan *output* dari *plant deaerator 101U* dan spesifikasi dimensi pada *deaerator*. Pemodelan sistem ini digunakan sebagai pendekatan *real plant deaerator 101U* untuk kebutuhan simulasi agar dapat mengetahui respon *plant*. Berikut adalah *process flow diagram* pada *plant deaerator 101 U* sebagai berikut:



Gambar 3.2 *Wiring Diagram Deaerator 101U*

Pada *wiring diagram plant deaerator 101 U* di PT Petrokimia Gresik, *Level Control* menggunakan *PID control* namun pada penelitian ini akan dirancang kontroler menggunakan kontrol logika fuzzy. Perubahan *level* pada *deaerator 101 U* dapat terdeteksi karena adanya *level transmitter* yang akan memberi

sinyal ke controller yang mengatur bukaan *valve* agar level pada *deaerator* stabil.

Pemodelan matematis ini menggunakan hukum kesetimbangan massa. Hukum ini menyatakan tentang jumlah massa energi yang terakumulasi per satuan waktu dalam sistem sebanding dengan selisih antara massa total *input* per satuan waktu dengan massa total *output* per satuan waktu^[10]. Pemodelan matematis *plant* menggunakan hukum kesetimbangan massa dikarenakan tidak terdapat perpindahan panas dan perubahan temperatur dalam *plant deaerator 101 U*.

Pada *deaerator 101 U* terdapat 1 masukan yaitu *flow input* berupa air dan *steam* serta 1 keluaran yaitu berupa *flow gas* dan air sehingga dengan menggunakan kesetimbangan massa dapat dituliskan sebagai berikut :

Hukum Kesetimbangan Massa

Massa terakumulasi *deaerator 101U* = *Massa input* – *Massa output*

$$\dot{m}_D = \dot{m}_w - \dot{m}_v \quad (3.1)$$

Sesuai dengan persamaan massa jenis $m = \rho x V$ maka persamaan 3.1 menjadi

$$\rho \frac{dV_D}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v$$

$$\rho A \frac{dh}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v \quad (3.2)$$

Keterangan:

$\frac{dV_D}{dt}$ = Perubahan Volume dalam deaerator

ρ = Massa jenis fluida dalam kg/m³

\dot{m}_w = laju massa *water* input

\dot{m}_v = laju massa *water* output

Pendekatan model tangki adalah tabung dengan bentuk tangki horizontal seperti gambar 3.4. Perhitungan luasan parsial tabungan dapat dimodelkan dengan persamaan matematis sebagai berikut :

$$A = 2 \left(\pi h \frac{D_i}{2} \right) + 2 \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \quad (3.3)$$

Dimana :

- h = ketinggian *deaerator* (m)
- Di = Diameter *deaerator* (m)
- L = panjang *deaerator* (m)
- R = jari-jari (m)

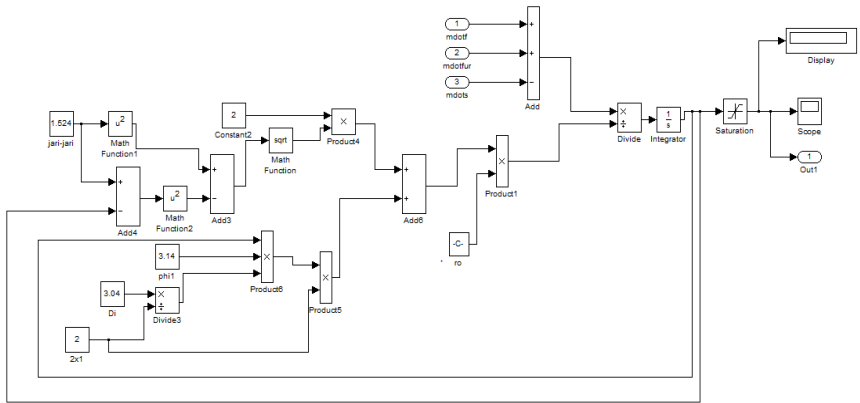
Berdasarkan pemodelan matematis luasan parsial tabung pada persamaan (3.3) maka persamaan 3.2 menjadi

$$\rho A \frac{dh}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v$$

$$\rho \left(2 \left(\pi h \frac{D_i}{2} \right) + 2 \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \right) \frac{dh}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\dot{m}_w - \dot{m}_v}{\rho \left(2 \left(\pi h \frac{D_i}{2} \right) + 2 \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \right)} \quad (3.4)$$

Berdasarkan pemodelan plant diatas di atas maka dapat diaplikasikan pada *software simulink* MatLab sebagai berikut :



Gambar 3.3 Simulasi *Plant*

3.2 Pemodelan *Transmitter*

Pada Tugas Akhir ini, *Deaerator 101U* menggunakan *differensial pressure* sebagai *transmitter*. Pengukuran *DP Transmitter* dilakukan berdasarkan perbedaan tekanan dalam *deaerator* yang kemudian diubah menjadi arus. Range *input* pada *DP transmitter* ini 2.5 – 0.8 meter dengan *time konstan* 0.5 sekon^[1]. *Transmitter* yang digunakan mentransmisikan sinyal ke *kontroller logika fuzzy* dengan *range* 4-20mA^[1]. *DP Transmitter* ini dapat dimodelkan matematik secara umum seperti persamaan dibawah ini:

$$L(s) = \frac{G_T}{T_c s + 1} \quad (3.13)$$

Keterangan :

G_T = *Gain Transmitter*

T_c = *Time constant dari transmitter (detik)*

Perhitungan *gain* dari *transmitter* dapat menggunakan persamaan

$$G_T = \left(\frac{\text{Span Output}}{\text{Span Input}} \right)$$

$$G_T = \left(\frac{20 - 4}{2.5 - 0.8} \right) = 9.41 \text{ mA/meter} \quad (3.14)$$

Persamaan 3.11 kemudian disubstitusikan ke persamaan 3.10 dengan nilai *time konstan* 0.5 sekon ^[1] menjadi

$$L(s) = \frac{9.41}{0.5s + 1} \quad (3.15)$$

3.3 Pemodelan Control Valve

Pada Tugas Akhir ini menggunakan aktuator berupa *control valve* sebagai *final control element*. *Control valve* berfungsi mengatur besarnya laju aliran sebuah fluida agar proses sesuai dengan yang diinginkan. Pada *plant deaerator 101U* laju aliran yang diatur adalah laju dari *make up water* yang akan masuk ke *deaerator*. *Control valve* menerima masukan berupa sinyal elektrik 4-20 ma dari *controller* sehingga membutuhkan *I/P converter*. Keluaran dari *control valve* berupa *flow rate* sebesar 1.44 m³/s. Pergerakan *valve* inilah yang digunakan untuk mengatur besar laju aliran berdasarkan perintah kontrol logika fuzzy. Pemodelan *control valve* menggunakan asumsi yaitu karakteristik dari *control valve* adalah *linier* sehingga dapat didekati dengan persamaan orde satu sebagai berikut ^[10]:

$$MV_{l/s}(s) = \frac{K_{total}}{T_{cv}s + 1} \quad (3.13)$$

Dengan:

$MV_{l/s}$ = *Manipulated variable* (L/s)

K_{total} = *Gain total kontrol valve*

T_{cv} = *Time constant dari kontrol valve*

Untuk mengetahui *gain total kontrol valve* maka digunakan persamaan berikut :

$$K_{total} = K_{I/P} \cdot K_{actuator} \quad (3.14)$$

$$K_{actuator} = \frac{\text{Laju aliran}}{\text{perubahan tekanan}}$$

$$K_{actuator} = \left(\frac{1.44 \text{ m}^3 / \text{s} - 0 \text{ m}^3 / \text{s}}{15 \text{ psi} - 3 \text{ psi}} \right) = 0.12 \text{ m}^3 / \text{s psi} \quad (3.15)$$

Gain I/P converter adalah :

$$K_{I/P} = \frac{\text{span pressure}}{\text{span sinyal control}}$$

$$K_{I/P} = \frac{15-3 \text{ psi}}{20-4 \text{ mA}} = 0.75 \text{ psi/mA} \quad (3.16)$$

Persamaan (3.15) dan (3.16) disubstitusikan ke persamaan 3.14 menjadi

$$K_{total} = 0.75 \frac{\text{psi}}{\text{mA}} \times 0.12 \frac{\text{kg}}{\text{s psi}} = 0.09 \text{ m}^3 / \text{s mA} \quad (3.17)$$

Untuk *time constant control valve* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau_{cv} = T_v (\Delta V + R_v) \quad (3.18)$$

Keterangan :

- τ_{cv} : *time konstan kontrol valve*
- T_v : Waktu stroke penuh (1.73 s)^[1]
- ΔV : fraksi perubahan *kontrol valve*
- R_v : perbandingan *time inevent* dengan *time stroke* (untuk *diaphragm* adalah 0.03)^[1]

$$\Delta V = \frac{v_{max} - v_{min}}{v_{max}} = \frac{1.44 - 0}{1.44} = 1 \quad (3.19)$$

Sehingga jika berdasarkan persamaan 3.21, maka nilai *time constant control valve* adalah:

$$\tau_{cv} = 1.73[1 + 0.03]$$

$$\tau_{cv} = 1.79s \quad (3.20)$$

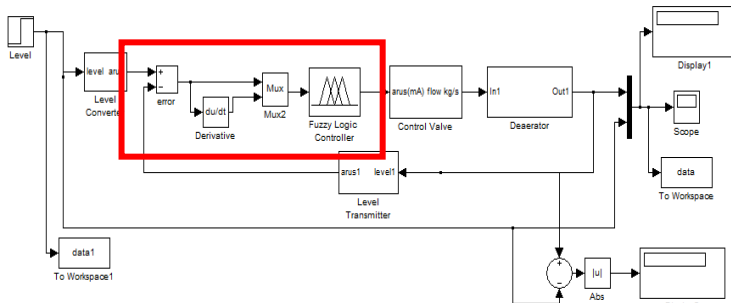
Persamaan 3.17 dan persamaan 3.21 disubstitusikan ke persamaan 3.12 maka pemodelan matematis *control valve* menjadi:

$$MV_l(s) = \frac{K_{total}}{T_{cv}s + 1}$$

$$MV_l(s) = \frac{0.09}{1.79s + 1} \quad (3.21)$$

3.5 Perancangan Logika Fuzzy

Pada tugas akhir ini menggunakan kontroler yaitu logika *fuzzy*. Berikut simulasi kontrol logika fuzzy pada *software* MatLab :



Gambar 3.4 Perancangan kontrol logika *fuzzy*

Pada tugas akhir ini menggunakan kontroler yaitu logika *fuzzy*. Pada perancangan kontroler logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

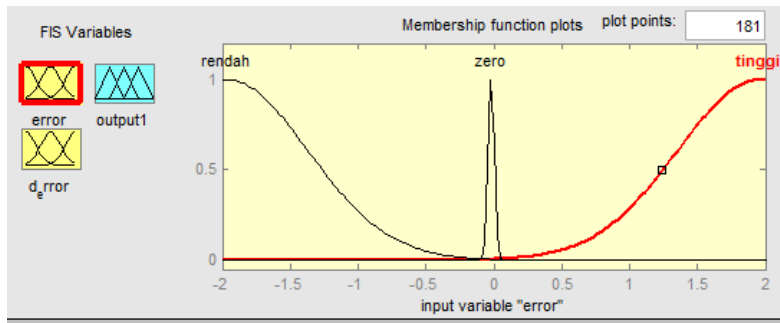
1. Fuzzifikasi, adalah memetakan nilai *input* ke dalam *variable linguistic fuzzy* yang merupakan derajat keanggotaan logika fuzzy. Perancangan *fuzzifikasi* untuk *input error* dan *delta error* didapatkan dari hasil pembacaan *level transmitter*.
2. Basic pengetahuan berisi data-data dalam himpunan himpunan masukan dan keluaran dari *plant* serta aturan yang digunakan dalam logika fuzzy untuk pengendalian proses.
3. *Rule Base*, merupakan tahap dalam pengambil keputusan sesuai dengan nilai dari *fuzzifikasi* dalam bentuk sebuah aturan yang digunakan untuk mengontrol sebuah *plant*.
4. *Defuzzifikasi* merupakan kebalikan dari *fuzzifikasi* yang *mentransformasikan* himpunan fuzzy menjadi himpunan yang tegas berdasarkan aturan dan keputusan yang telah ditentukan. Perancangan *defuzzifikasi* didapatkan dari range hasil keluaran arus kontroler (4-20mA)

Pada perancangan ini dilakukan beberapa *membership function* dengan metode *trial and error*. Pada laporan ini telah dipilih yang terbaik. Beberapa proses pemilihan *membership function* yang lain terdapat pada lampiran pada laporan penelitian ini.

3.5.1 Perancangan *input*

3.5.1.1 Perancangan *error*

Pada perancangan *input* untuk logika *fuzzy* digunakan dua acuan masukan yaitu *error* dan *delta error*. Perancangan *input* untuk logika fuzzy ini diperoleh dari pembacaan *dp transmitter* pada *plant deaerator 101U*. Perancangan *input* ini menggunakan *software Simulink MatLab* seperti gambar berikut :



Gambar 3.5 Desain *input error* Fuzzy Logic Control

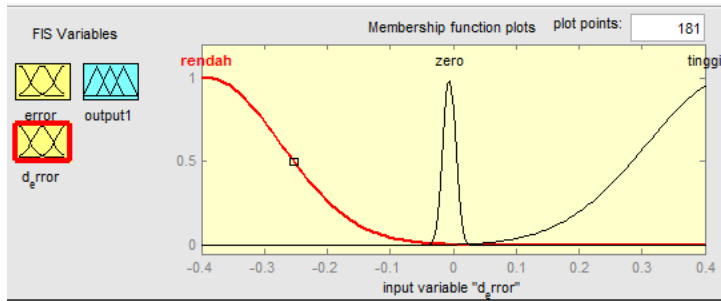
Perancangan untuk *input error* menggunakan 3 *membership function* yaitu rendah, oke, tinggi dengan range nilai sebesar -2 sampai 2. Range dari perancangan *input error* tersebut berdasarkan data pembacaan *level transmitter* yang ada pada *plant deaerator 101U*. Perancangan *input error* dapat dilihat seperti gambar dibawah ini

Tabel 3.2 Parameter *Input Error*

<i>Membership Function</i>	<i>Parameter</i>
Tinggi	(0.612 1.964)
Zero	(0.02148 -0.02)
Rendah	(0.6001 1.971)

3.5.1.2 Perancangan *delta error*

Perancangan untuk *input delta error* menggunakan 3 *membership function* yaitu rendah, oke, tinggi. *Membership function* dirancang dengan range nilai sebesar -0.4 sampai 0.4 . Range dari perancangan *input delta error* tersebut berdasarkan data proses yang didapatkan seperti gambar dibawah ini :



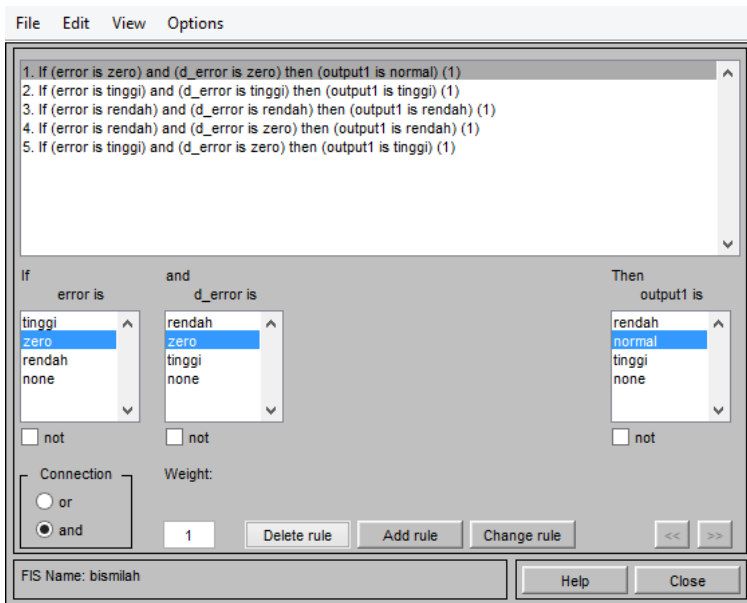
Gambar 3.8 Membership Function Input delta Error

Tabel 3.3 Parameter Input delta Error

<i>Membership Function</i>	<i>Parameter</i>
Tinggi	(0.136 0.4353)
Zero	(0.009819 -0.00627)
Rendah	(0.1181 -0.392)

3.5.2 Perancangan Rule Base

Pada perancangan kontroler logika fuzzy tahap paling penting adalah perancangan rule base. Rule base adalah aturan yang menghubungkan input dan output dalam himpunan fuzzy agar mendapatkan respon yang diinginkan. Rule Base ini digunakan kontrol logika fuzzy untuk mengatur bukaan valve sehingga dapat menjaga level pada plant deaerator 101 U. Pembuatan rule base berdasarkan metode trial and error. Perancangan rule base ini menggunakan software simulink MatLab sebagai berikut :



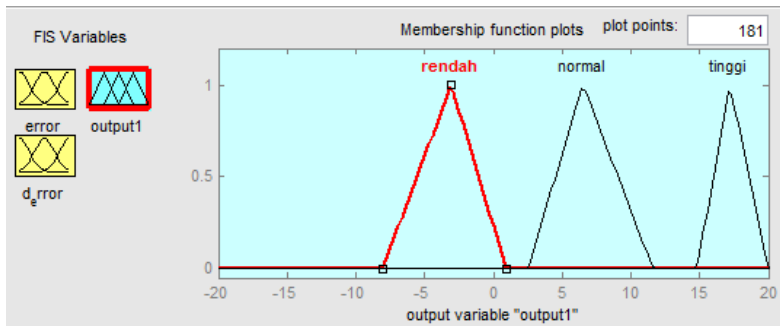
Gambar 3.9 Perancangan *Rule Base*

Berikut penjelasan *rule base* kontrol logika fuzzy yang menghubungkan *input* dan *output* dalam himpunan fuzzy pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jika *error plant* zero dan *delta error* zero maka bukaan valve (*output*) normal
2. Jika *error plant* tinggi dan *delta error* tinggi maka bukaan valve (*output*) tinggi
3. Jika *error* rendah dan *delta error* rendah maka bukaan valve (*output*) rendah
4. Jika *error* rendah dan *delta error* zero maka bukaan valve (*output*) rendah
5. Jika *error* tinggi dan *delta error* zero maka bukaan valve (*output*) tinggi

3.5.3 Perancangan defuzifikasi

Pada perancangan *output* ini menggunakan 3 anggota *membership function* yaitu rendah, normal, dan tinggi. Perancangan 3 *membership function* untuk kontrol logika fuzzy sesuai dengan batas level yang ada di *plant deaerator* 101 U. Perancangan *defuzifikasi* didapatkan dari range hasil keluaran arus kontroler (4-20mA) seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.10 *Membership Function Output*

Tabel 3.4 Parameter *defuzifikasi*

<i>Membership Function</i>	<i>Parameter</i>
Rendah	(-8.069 -3.069 0.9309)
Normal	(2.49 6.508 11.6)
Tinggi	(14.8 17.2 20)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

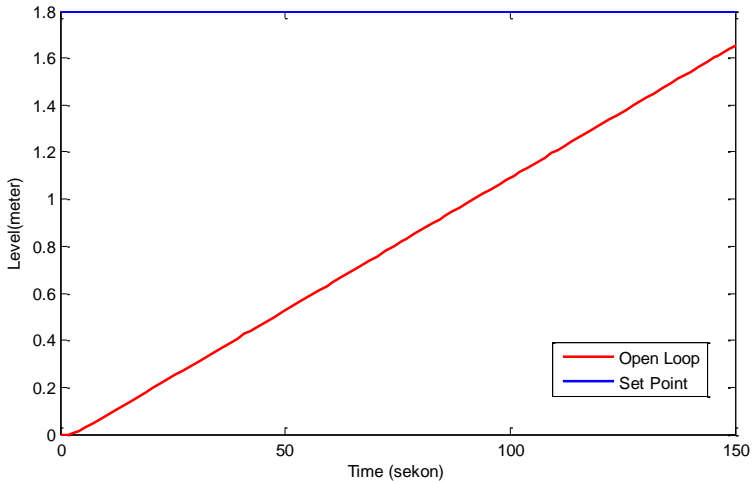
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pengujian dan analisa dari sistem pengendalian *fuzzy* pada *plant deaerator* 101 U. Pengujian sistem dilakukan dengan cara simulasi menggunakan *software Simulink* MatLab 2011b. Simulasi menggunakan sistem *open loop* dan *closed loop*. Pada pengujian *open loop* digunakan untuk mengetahui kondisi *real plant* (tanpa kontrol). Pada simulasi *closed loop* menggunakan kontroler logika *fuzzy* untuk mengetahui performansi dari sistem dengan kontroler melalui uji respon, uji *tracking setpoint* dan perbandingan dengan kontrol PI dengan kontrol logika *fuzzy*. Performansi tersebut ditunjukkan dengan beberapa parameter kestabilan seperti *Maximum Overshoot (Mp)*, *Settling Time (Ts)* dan *Error Steady State (Ess)*

Pengujian *tracking set point* digunakan untuk mengetahui performa sistem menggunakan kontroler logika *fuzzy* dapat beradaptasi dengan perubahan *set point* yang diberikan. Pengujian *tracking* dilakukan sesuai batas atas, bawah dan normal yang ada di *plant deaerator* 101U. Pengujian *tracking set point* ini juga dilakukan terhadap kontrol PI. Hal ini digunakan untuk mengetahui pula bagaimana perbandingan performansi *tracking set point* untuk kontrol logika *Fuzzy* dan PI kontrol. Setelah dilakukan beberapa pengujian kemudian dianalisa bagaimana performansi yang didapatkan. Hal ini dapat diketahui berdasarkan hasil dari respon yang dihasilkan. Analisa Performansi dilakukan berdasarkan parameter kestabilan yang ada.

4.1 Simulasi Open Loop

Simulasi *open loop* digunakan untuk mengetahui performansi *plant* tanpa *controller*. Pengujian ini dilakukan sesuai pemodelan matematis *plant* sesuai persamaan 3.1 dengan *input step* pada *software Simulink* seperti gambar berikut :

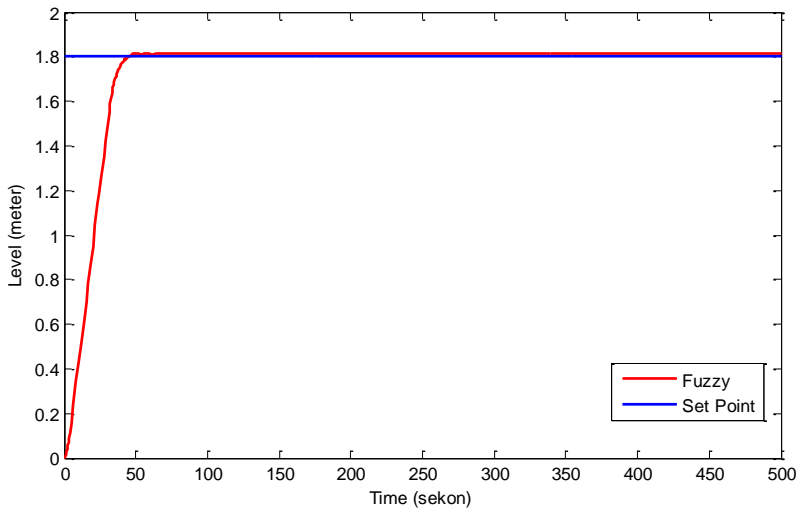


Gambar 4.1 Respon *Open Loop* *Deaerator 101U*

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa respon *open loop* diatas masih sangat jauh dari *set point*. Berdasarkan respon *open loop* di atas maka diperlukan kontroler agar *plant Deaerator 101U* dapat mencapai *set point* yang diinginkan dan dapat mengendalikan level pada *plant Deaerator 101U*

4.2 Simulasi *Fuzzy Logic Control* Pada *Deaerator 101U*

Pada simulasi ini menggunakan simlasi *closed loop* dengan kontroler *Fuzzy*. Tahap simulasi ini bertujuan untuk mengetahui performansi sistem dapat mencapai atau menjaga dari *set point* yang diinginkan. Pada simulasi ini diterapkan *set point* sebesar 1.8 meter dengan menggunakan *software Simulink* sebagai berikut:



Gambar 4.2 Respon Simulasi *Fuzzy Logic Control* Pada *Deaerator 101U*

Tabel 4.1 Parameter Performansi Uji *Fuzzy Logic Control*

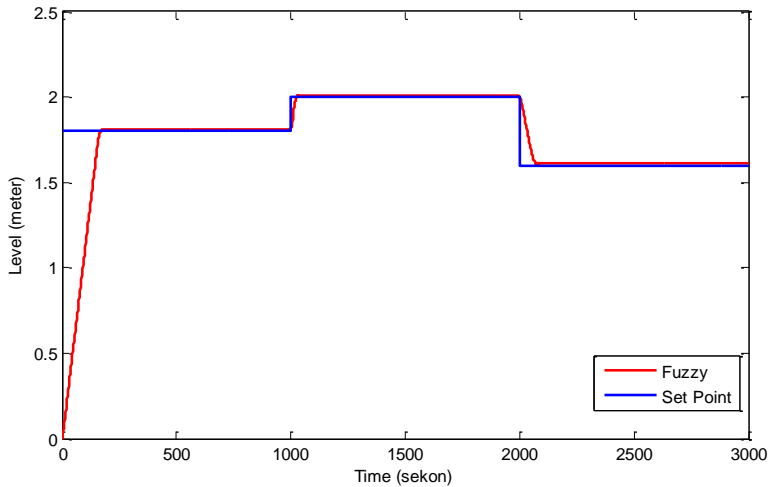
Parameter Performansi
<p>1. <i>Maximum Overshoot (Mp)</i></p> $Mp = \frac{1.815 - 1.8}{1.8} \times 100\%$ $Mp = 0.83\%$
<p>2. <i>Settling time (ts)</i> sebesar 71 sekon</p>
<p>3. <i>Error steady state (ess)</i></p> $ess = (P_v - S_p) \times 100\%$ $ess = (1.812 - 1.8) \times 100\%$ $ess = 1.2\%$

Berdasarkan pengujian sistem *closed loop* menggunakan kontroler *fuzzy* diatas menunjukan bahwa respon sistem dapat bergerak menuju *set point* yang diinginkan dan menjaga agar tetap stabil. Respon memiliki parameter performansi seperti *settling time* (t_s) sebesar 71 detik dan *maximum overshoot* (M_p) sebesar 0.83 %. Pada kondisi *steady* respon pengujian diatas mampu menunjukan kondisi level sebesar 1.2 cm yang artinya memiliki *error steady state*(*ess*) sebesar 1.2%. namun *error steady state*(*ess*) tersebut masih dapat ditoleransi karena tidak melebihi batas maksimal sebesar 5%

Parameter kestabilan yang ditampilkan hasil respon *closed loop* dengan kontrol logika fuzzy yaitu *settling time* (t_s) sebesar 86 detik , *maximum overshoot* (M_p) sebesar 0.88 % dan *error steady state* 1.2% masih bias ditolerir oleh perusahaan karena masih dibawah batas. Batas atas yang masih ditolerir yaitu $\pm 20\%$ dari *set point* dan batas bawah yaitu $\pm 10\%$ dari *set point*. *Settling time* yang dihasilkan masih bias ditolerir karena pada *plant deaerator* tidak terdapat proses kimia yang membutuhkan waktu yang cepat.

4.3 Uji Tracking Set Point Kontrol Logika Fuzzy

Pada tahap pengujian ini dilakukan dengan memberikan input *step* pada *plant* dengan *set point* yang berbeda-beda. Pengujian *tracking set point* ini dilakukan agar dapat mengetahui performansi kontroler ketika diberikan *set point* yang berbeda-beda apakah masih dapat menjaga level agar tetap stabil. Pengujian *tracking set point* selanjutnya yaitu 1.8 meter adalah *set point* level pada *plant deaerator* 101U dan 2 meter serta 1.6 meter adalah batas normal yang biasanya digunakan *set point* dari *Deaerator 101U* .Pada pengujian *tracking setpoint* ini seperti berikut :



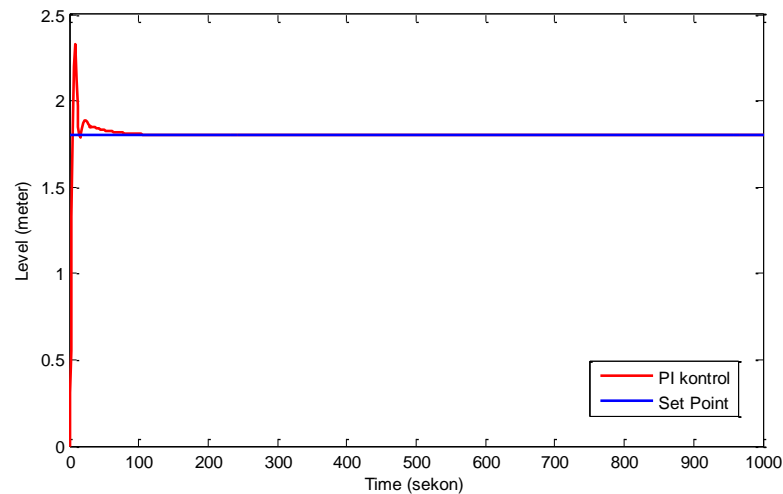
Gambar 4.3 Respon Uji *Tracking Set Point* kontrol logika Fuzzy 1.8 m, 2m dan 1.6m

Berdasarkan pengujian sistem diatas dengan *set point* 1.8 meter; 2 meter; 1.7 meter dapat ditunjukkan bahwa sistem dapat beradaptasi dengan beberapa *set point* yang diberikan. Respon pada saat naik memiliki parameter performansi seperti *settling time* (t_s) sebesar 54 detik dan *maximum overshoot* (M_p) sebesar 1.2 % dan *error stady state* (ess) sebesar 0.9%. Respon pada saat turun memiliki parameter performansi seperti *settling time* (t_s) sebesar 90 detik dan *maximum overshoot* (M_p) sebesar 0.88 % dan *error stady state* (ess) sebesar 1.2%.

4.4 Simulasi PI kontrol

Pada Tugas akhir ini dilakukan pengujian dengan *PI control*. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui hasil respon dari PI kontrol . Pada simulasi PI kontrol juga dilakuakn uji *tracking set point* untuk mengetahui bagaimana performansi dari sistem PI

kontrol ketika diberikan perubahan *set point*.Pengujian ini pula dilakukan pula untuk dibandingkan dengan kontrol logika fuzzy.



Gambar 4.4 Respon Simulasi *PI control*

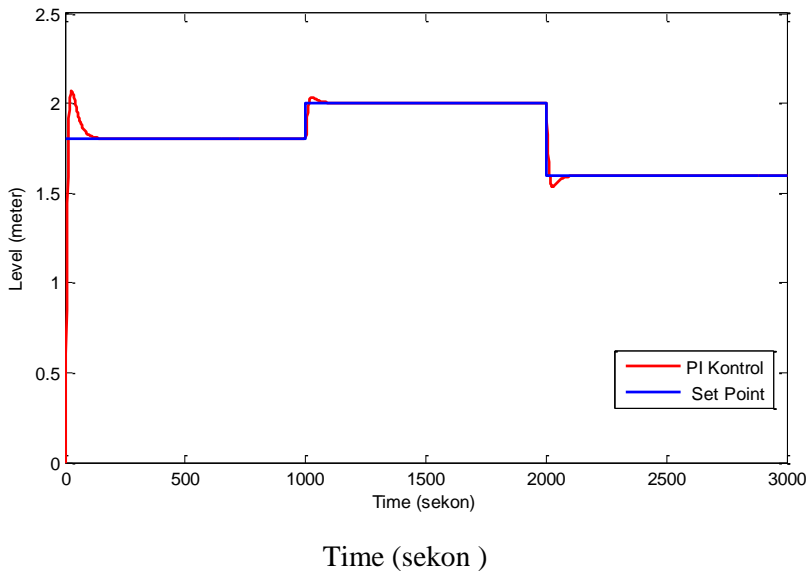
Tabel 4.2 Parameter Performansi Uji *PI* kontrol

Parameter Performansi
<div>1. <i>Maximum Overshoot (Mp)</i></div> <div>$Mp = \frac{2.1-1.8}{1.8} \times 100\%$</div> <div>$Mp = 16\%$</div>
<div>2. <i>Setling time (ts)</i> sebesar 384 sekon</div>
<div>3. <i>Error steady state (ess)</i></div> <div>$ess = (Pv - Sp) \times 100\%$</div> <div>$ess = (1.8004 - 1.8) \times 100\%$</div> <div>$ess = 0.04\%$</div>

Berdasarkan pengujian sistem *closed loop PI control*. Respon memiliki parameter performansi seperti *settling time* (t_s) sebesar 384 detik dan *maximum overshoot* (M_p) sebesar 16 %. Pada kondisi *steady* respon pengujian diatas mampu menunjukkan kondisi level sebesar 1.8004 m yang artinya memiliki *error steady state(ess)* sebesar 0.04%. namun *error steady state(ess)* tersebut masih dapat ditoleransi karena tidak melebihi batas maksimal sebesar 5%

4.5 Uji Tracking Set Point PI kontrol

Pada Pengujian *tracking set point* PI kontrol ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan performansi dari *tracking set point fuzzy*. Pengujian dilakukan dengan memberikan *set point* yang sama dengan pengujian *tracking set point* pada *fuzzy* yaitu dengan 1.8m;2m;1.7 m.



Gambar 4.5 Respon uji *tracking set point* PI control 1.8 m, 2m dan 1.7m

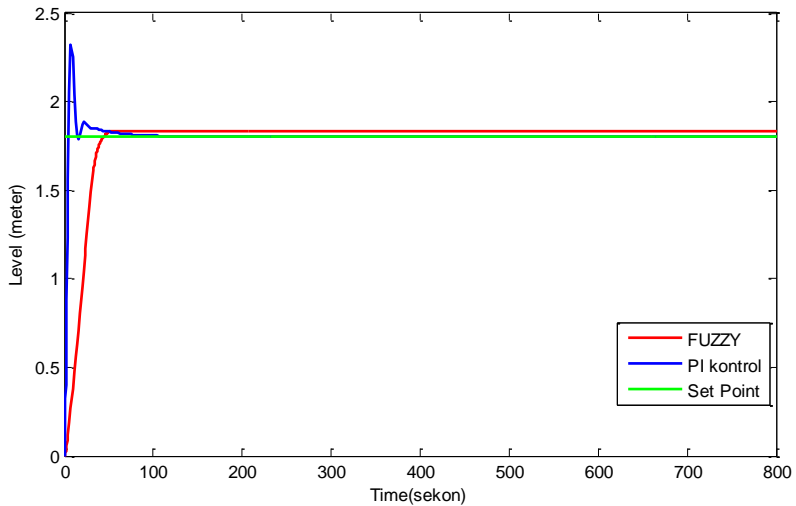
Berdasarkan pengujian sistem diatas dengan *set point* 1.8 meter; 2 meter; 1.7 meter dapat ditunjukkan bahwa sistem dapat beradaptasi dengan beberapa *set point* yang diberikan. Respon pada saat naik memiliki parameter performansi seperti *settling time* (t_s) sebesar 213detik dan *maximum overshoot* (M_p) sebesar 1.5 % dan *error stady state* (ess) sebesar 0.04%. Respon pada saat turun memiliki parameter performansi seperti *settling time* (t_s) sebesar 239detik dan *maximum overshoot* (M_p) sebesar 3.75% dan *error stady state* (ess) sebesar 0.03%.

Tabel 4.3 Parameter Perbandingan Uji *Tracking Fuzzy* dan *PI control set point 1.8m;2.5m;1m*

Fuzzy	PI control
1. <i>Maximum Overshoot</i> (M_p) Naik 1.2% dan turun 0.08%	2. <i>Maximum Overshoot</i> (M_p) Naik 1.5 % dan turun 3.75%
1. <i>Setling time</i> naik sebesar 54 detik dan turun 90 detik	2. <i>Setling time</i> naik sebesar 213 detik dan turun 239 detik
3. <i>Error steady state</i> (ess) naik 0.9% dan turun 1.2%	4. <i>Error steady state</i> (ess) naik 0.04% dan turun 0.03 %

4.6 Uji Perbandingan PI kontrol dan Fuzzy Kontrol

Pada pengujian ini dilakukan untuk membandingkan respon pada Fuzzy kontrol dan PI kontrol. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana performansi antara fuzzy logic control dengan PI kontrol berdasarkan parameter performansinya. Berikut respon perbandingan PI kontrol dengan *Fuzzy* sebagai berikut :



Gambar 4.6 Uji perbandingan respon PI kontrol dan Fuzzy Logic kontrol

Berdasarkan respon di atas Pada respon *PI control* terlihat bahwa respon kurang baik bila dibandingkan dengan respon fuzzy. Hal ini terlihat dari parameter kestabilan kuantitatif dan kualitatif yang dapat terlihat dari table sebagai berikut :

Tabel 4.4 Parameter Perbandingan Uji *Fuzzy* dan *PI control*

Fuzzy	PI control
1. <i>Maximum Overshoot (Mp)</i> Sebesar 0.83 %	2. <i>Maximum Overshoot (Mp)</i> Sebesar 16 %
3. <i>Setling time</i> sebesar 71 detik	4. <i>Setling time</i> sebesar 384 detik
5. <i>Error steady state (ess)</i> sebesar 1.2%	6. <i>Error steady state (ess)</i> sebesar 0.04%

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada Tugas Akhir Perancangan Sistem Pengendalian *Level* Pada Unit *Deaerator* 101U menggunakan kontrol logika fuzzy dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan analisa dari penelitian ini pengendali kontrol logika fuzzy lebih responsif daripada PI kontrol yaitu dengan *settling time* 71 detik
2. Berdasarkan perbandingan respon dari Pengendali Fuzzy lebih baik dari pada PI kontrol yaitu dengan parameter performansi *Maximum Overshoot (Mp)* sebesar 0.83 % sedangkan PI 16%; *Setling time* sebesar 71 detik sedangkan PI kontrol 384 sekon; *Error steady state (ess)* sebesar 1.2% sedangkan PI kontrol 0.04%.
3. Berdasarkan pengujian tracking *set point* , pengendali *Fuzzy* yaitu dengan parameter performansi *Maximum Overshoot (Mp)* Naik 1.2% dan turun 0.08% sedangkan PI Naik 1.5% dan turun 3.75% ; *Setling time* naik sebesar 54 detik dan turun 90 detik sedangkan PI kontrol *Setling time* naik sebesar 213 detik dan turun 239 detik; *Error steady state (ess)* naik 0.9% dan turun 1.2% sedangkan PI kontrol *Error steady state (ess)* naik 0.04% dan turun 0.03 %

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Petrokima Gresik,.
- [2] American Boiler Manufactures Association, "A Discussion of Boiler Technologies," in *American Boiler Manufactures Association*, Vienna, Virginia, 2011, pp. 1-8.
- [3] Zhou Nina, "The Application of Fuzzy Adaptive PID Theory in Deaerator System," Department of Electronics & Elect Eng Baoji Univ of Arts &Sci, Baoji China, 2011.
- [4] Ogata Katsuhiko, *Modern Control Engineering*, 5th ed.: Prentice Hall International Edition, 2010.
- [5] Moch Nor Safida, "Fuzzy Logic Controller Simulation for Water Tank Level Control," Faculty of Electrical and Engineering Universiti Kejuruan Technology Malaysia, 2006.
- [6] Sutikno, "Perbandingan Metode Deffuzifikasi Aturan Mamdani Pada Sistem Kendali Logikan Fuzzy (Studi Kasus Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC," Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- [7] Athia, "Logika Fuzzy," Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2009.
- [8] Budi Waskito, "Teknik Kendali Hibrid PI Fuzzy Untuk Pengendalian Suhu Zat Cair," Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.

- [9] Dilwyn Edwards and Mike Hamson, *Guide to mathematical modelling school of mathematics, statistics of mathematics, statistic and computing*. London, Inggris, 1994.
- [10] Imam Abadi, "Simulasi Pengendalian Level Steam Drum dengan Pengendali PID Berbasis Fuzzy Gain Scheduling," Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2008.
- [11] Satean Tunyasirut and Santi Wangnipparnto, "Level Control in Horizontal Tank by Fuzzy Logic Controller," Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, 2006.

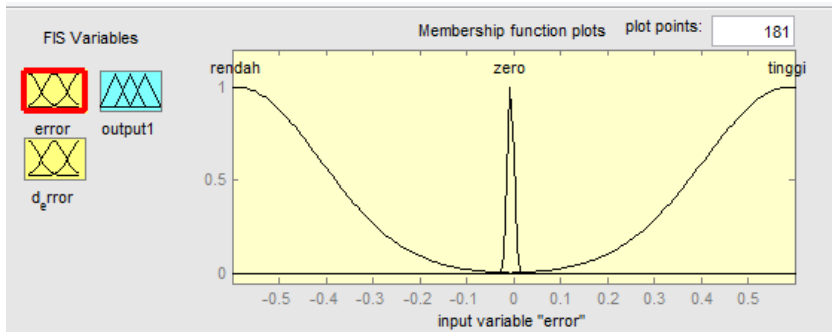
LAMPIRAN B

Perancangan *Fuzzy*

1. Penentuan *range input error*

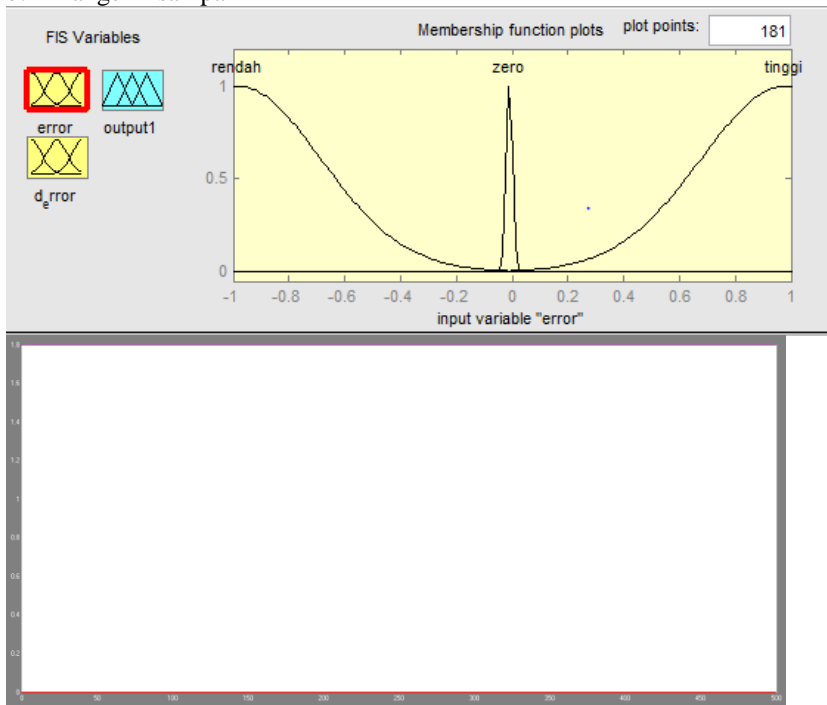
Sesuai data pembacaan *transmitter* adalah -0.6 sampai 0.6

a. Range -0.6 sampai 0.6



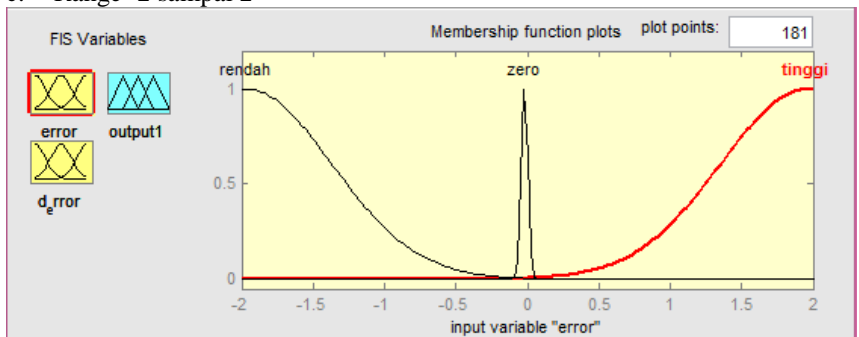
Hasil simulasi *error*

b. Range -1 sampai 1



Hasil simulasi *error*

c. Range -2 sampai 2

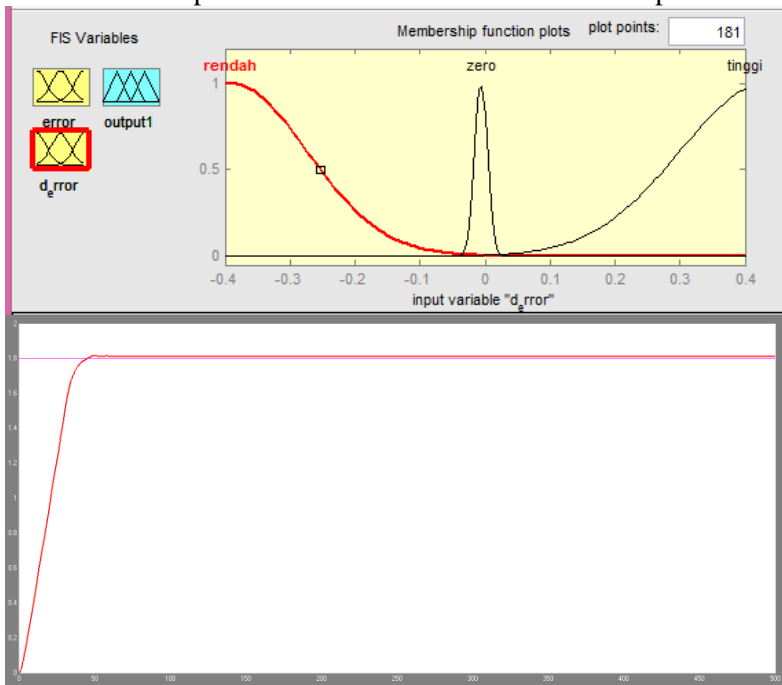




Sehingga *range error* dipilih dari -2 sampai 2

2. Penentuan *range input delta error*

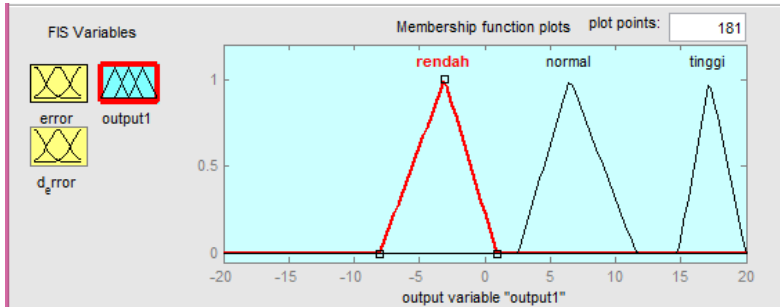
Sesuai data pembacaan *transmitter* adalah -0.4 sampai 0.4



Sehingga *range delta error* dipilih dari -0.4 sampai 0.4

3. Penentuan *range output*

Sesuai data keluaran arus dari kontroler sebesar 4 sampai 20 sehingga diambil maximal -20 sampai 20.

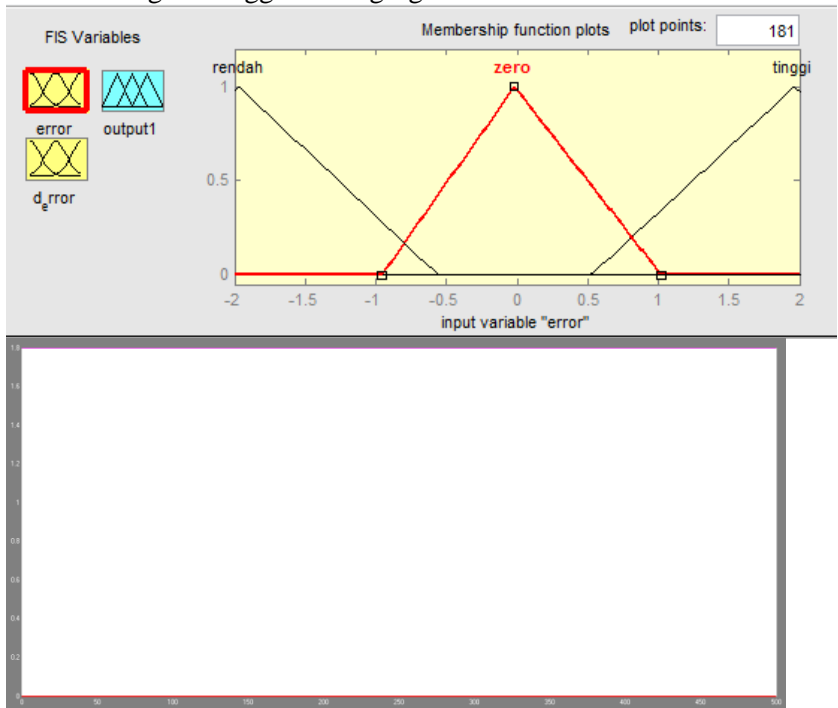


Sehingga *range delta error* dipilih dari -0.4 sampai 0.4

4. Penentuan *membership function*

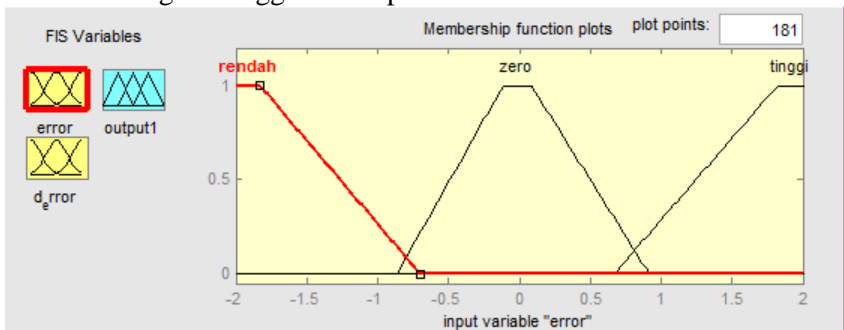
a. *Membership function error*

➤ Fungsi keanggotaan segitiga



Hasil simulasi *error*

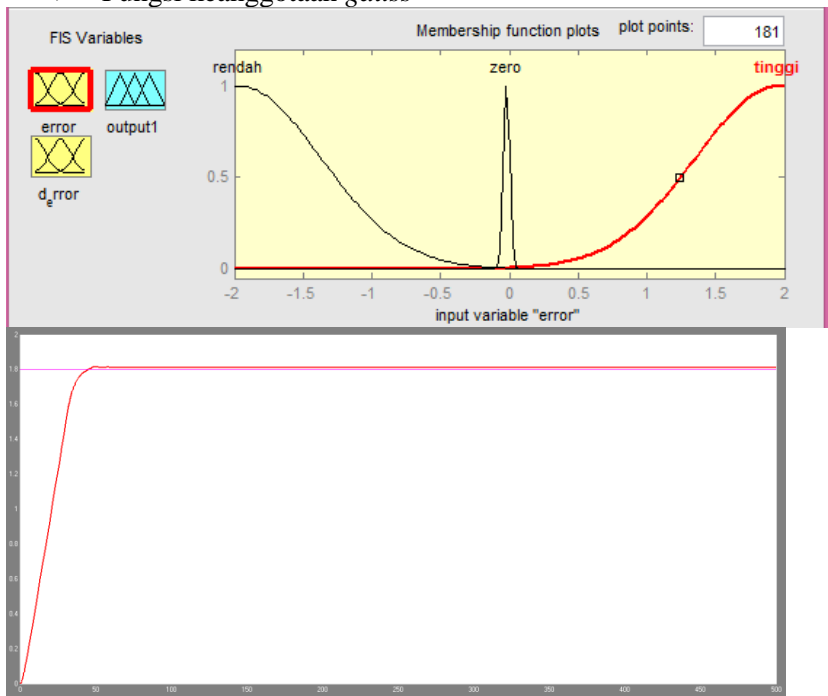
➤ Fungsi keanggotaan trapesium





Hasil simulasi *error*

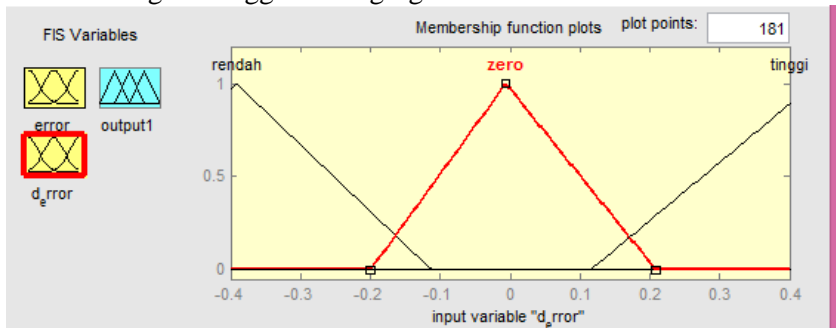
➤ Fungsi keanggotaan *gauss*



Sehingga dipilih *membership function gauss*

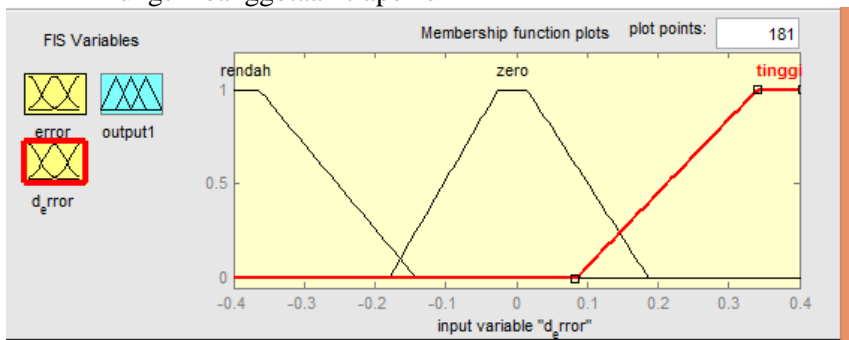
b. *Membership function delta error*

➤ Fungsi keanggotaan segitiga



Hasilnya masih jelek dan osilasi serta *settling time* lama

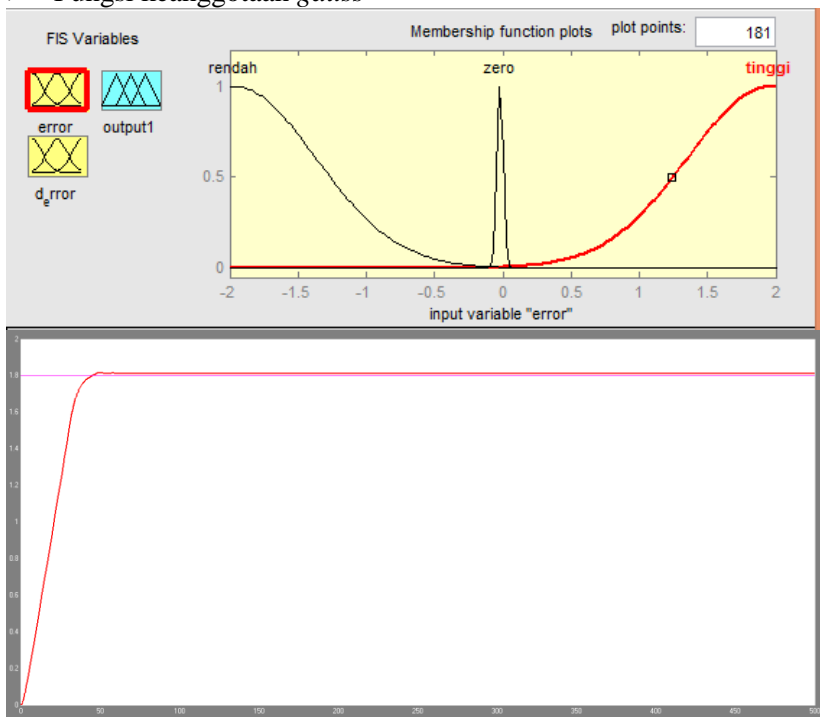
➤ Fungsi keanggotaan trapezium





Hasilnya masih jelek dan osilasi serta *settling time* lama

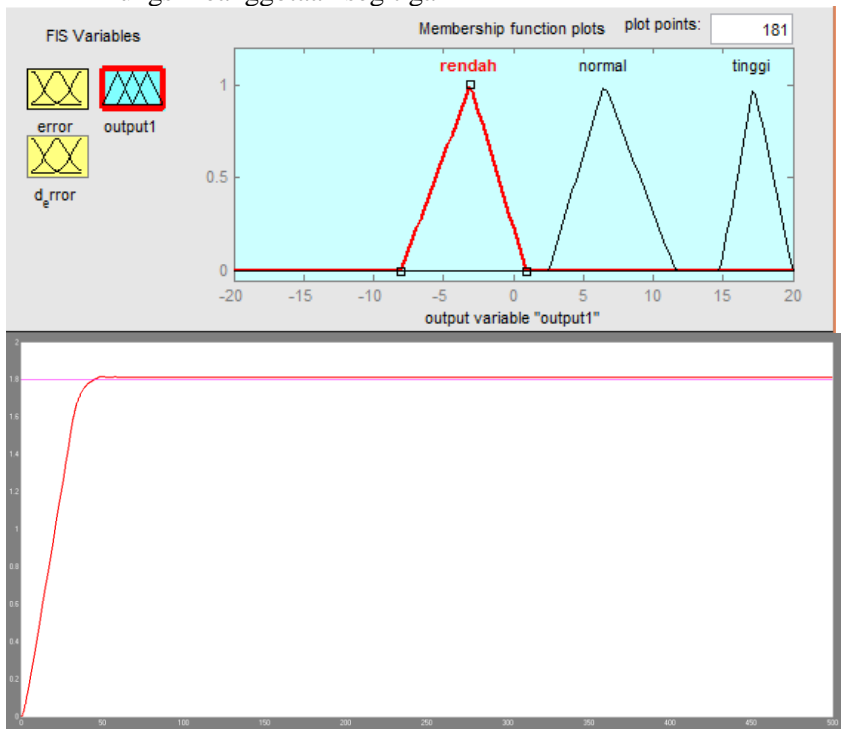
➤ Fungsi keanggotaan *gauss*



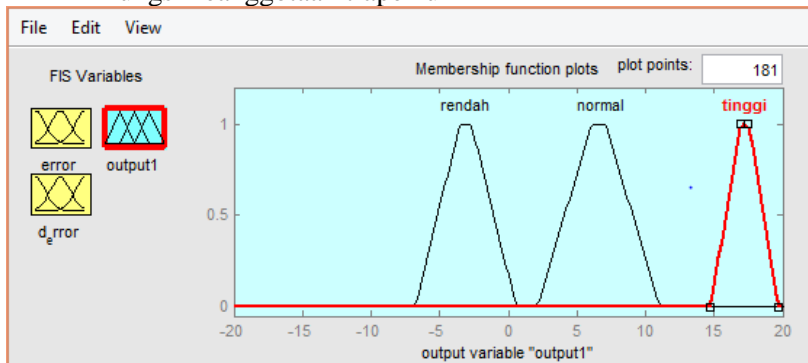
Sehingga dipilih *membership function* tipe *gauss*

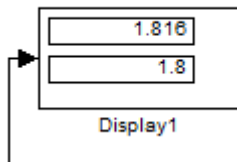
c. *Membership function output*

➤ Fungsi keanggotaan segitiga



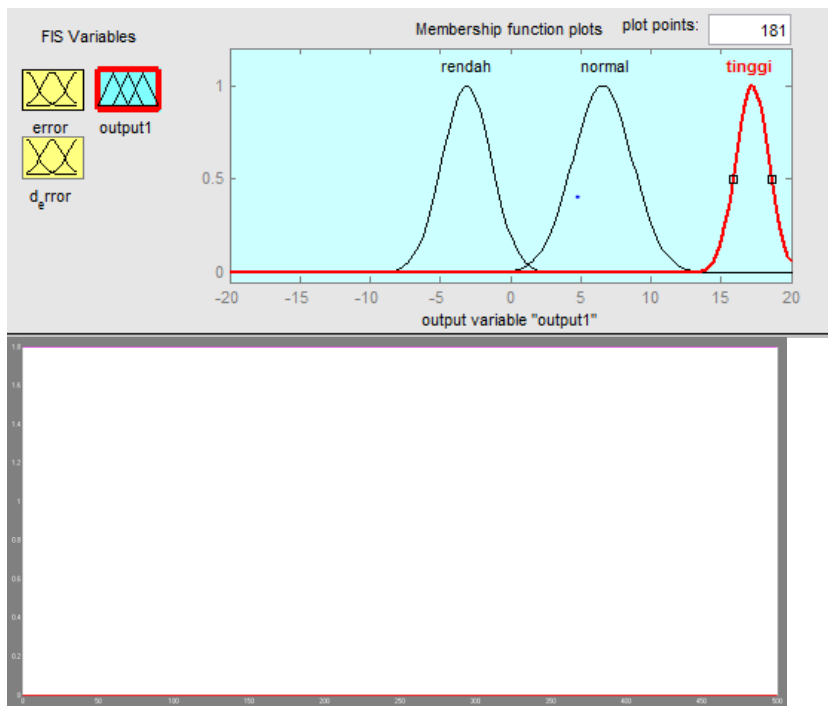
➤ Fungsi keanggotaan trapezium





Hasil simulasi nilai *error steady state* lebih besar dari fungsi segitiga

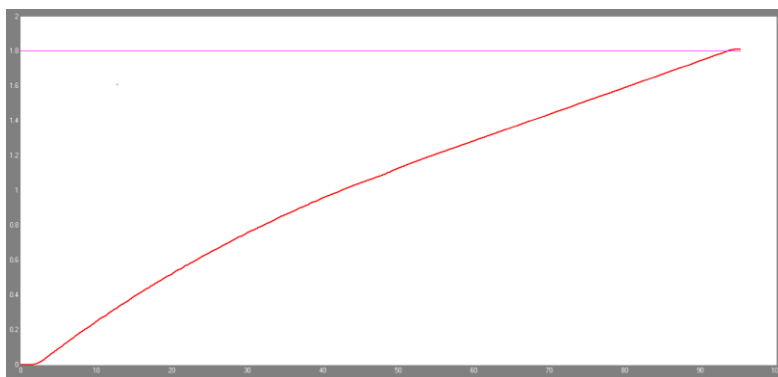
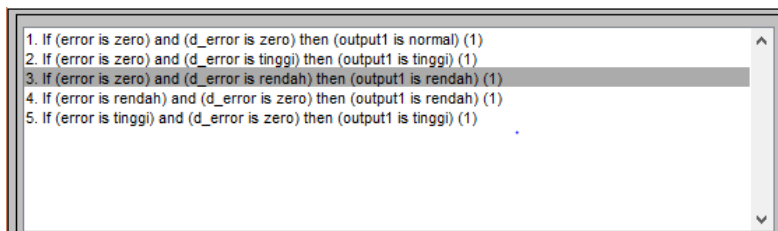
➤ Fungsi keanggotaan *gauss*



Hasil simulasi *error* sehingga pada *output* digunakan *membership function* fungsi segitiga.

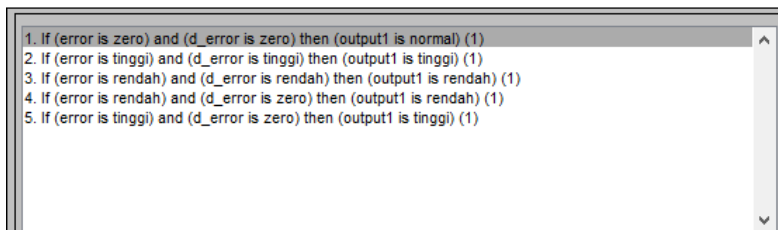
5. Penentuan *rule base*

a. 5 *rule base*



Hasil simulasi *error*

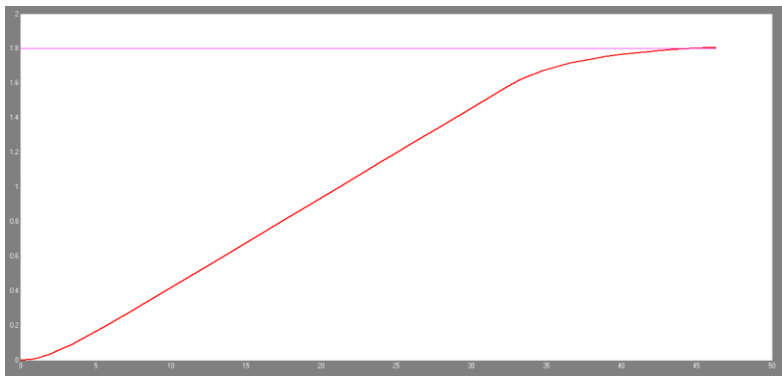
b. 5 *rule base*





c. 7 rule base

1. If (error is zero) and (d_error is zero) then (output1 is normal) (1)
2. If (error is zero) and (d_error is tinggi) then (output1 is tinggi) (1)
3. If (error is zero) and (d_error is rendah) then (output1 is rendah) (1)
4. If (error is rendah) and (d_error is zero) then (output1 is rendah) (1)
5. If (error is tinggi) and (d_error is zero) then (output1 is tinggi) (1)
6. If (error is tinggi) and (d_error is tinggi) then (output1 is tinggi) (1)
7. If (error is rendah) and (d_error is rendah) then (output1 is rendah) (1)



Sehingga pada simulasi digunakan 5 rule base pada hasil trial and error kedua.

